

Engenharia Elétrica

Pesquisa Científica no Contexto Acadêmico

Organizadora

Livia da Silva Oliveira



Editora Poisson

VOLUME
5

Livia da Silva Oliveira
(Organizadora)

Engenharia Elétrica:
Pesquisa Científica no Contexto Acadêmico
Volume 5

1ª Edição

Belo Horizonte

Poisson

2023

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
Dra. Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo - (Centro Universitário FAMETRO)
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Comitê Científico

- Profa. Dra. Francimeire Gomes Pinheiro (Centro Universitário FAMETRO)
Profa. Dra. Alexandra Priscilla Tregue (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Esp. Marcus Tulio Alves (Marinha do Brasil)
Prof. Me. Fabrício de Amorim Rodrigues (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Esp. Aristeu Souza da Fonseca (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Me. Mauro Cezar Aparício de Souza (Centro Universitário FAMETRO)
Prof. Esp. Patrick Hozannah de Albuquerque (Centro Universitário FAMETRO)
Prof Me. Glaucivan Barroso da Cunha (Centro Universitário FAMETRO)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57
Engenharia elétrica: Pesquisa científica no contexto acadêmico - Volume 5/ Organização: Livia da Silva Oliveira - Belo Horizonte MG: Editora Poisson, 2023
Formato: PDF ISBN: 978-65-5866-286-0 DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0
Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia
1. Engenharia Elétrica 2. Pesquisa científica 3. Tecnologia I. OLIVEIRA, Livia da Silva II. Título
CDD-620
Sônia Márcia Soares de Moura - CRB 6/1896



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

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



Organizadora

Livia da Silva Oliveira

Licenciada em Física pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é coordenadora do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário FAMETRO. Atua no ensino superior desde 2011, como docente nos cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica.

Prefácio

Bem-vindo ao e-book de Engenharia Elétrica! Neste livro, você encontrará uma introdução abrangente e detalhada sobre as principais áreas da engenharia elétrica, desde os fundamentos da eletricidade até as mais recentes tecnologias e aplicações.

Este e-book foi desenvolvido para estudantes de engenharia elétrica, profissionais da área, bem como para entusiastas da tecnologia que buscam ampliar seu conhecimento sobre o mundo da eletricidade e suas aplicações. Ele aborda estudos como circuitos elétricos e eletrônica, até áreas mais avançadas, como energia renovável.

Ao longo deste e-book, você encontrará estudos de caso para ajudá-lo a aplicar seus conhecimentos teóricos e a entender como a engenharia elétrica pode ser usada para resolver problemas do mundo real. Esperamos que este e-book seja uma ferramenta útil e inspiradora para aprimorar seus estudos e carreira em engenharia elétrica.

Agradecemos por escolher este e-book como seu guia para a engenharia elétrica e desejamos a você uma experiência de aprendizado gratificante e enriquecedora!

Prof^a Me. Livia da Silva Oliveira
Coordenadora de Engenharia Elétrica
Centro Universitário FAMETRO

SUMÁRIO

Capítulo 1: Manutenção corretiva: Análise dos serviços elétricos realizados em uma empresa de prestação de serviços na cidade de Manaus-AM 09

Keulem Charles Pereira da Silva, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.01

Capítulo 2: Uma proposta de automatização da rede elétrica de média tensão na cidade de Manaus-AM 18

Larissa Anchieta Pinheiro, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.02

Capítulo 3: A automação como ferramenta de controle na economia de energia no processo de produção..... 24

Leildo Nascimento de Souza, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.03

Capítulo 4: Desenvolvimento de um sistema de iluminação pública baseado em LED e IOT 33

Lucas Sales Ferreira, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.04

Capítulo 5: Sistema de aterramento em um bloco de apartamentos de um condomínio localizado em Manaus-AM 39

Luiz Alexandre de Moraes Neto, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.05

Capítulo 6: Energia solar fotovoltaica: Energia opcional para a aplicação em semáforos em Manaus-AM..... 46

Manoel Pablo Brito Ribeiro, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.06

Capítulo 7: Adequação da instalação elétrica de uma instituição de telemática..... 54

Marcos Paulo da Silva Leite, Livia da Silva Oliveira, Kate Suellen Gemaque Mota, Arthur Rodrigo do Nascimento Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.07

Capítulo 8: Estudo de proteção e seletividade: Adequação na subestação de média tensão (13,8KV) de uma indústria em Manaus-AM 63

Noemi Cordeiro Queiroz, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.08

SUMÁRIO

Capítulo 9: Controle de nível através de um sensor ultrassônico..... 73

Patrick Lombe Kaya, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.09

Capítulo 10: Desenvolvimento de esquemas de fiação de uma Unidade Principal de Anel (RMU)..... 80

Paulo Gabriel Batista de Jesus, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.10

Capítulo 11: Melhoria de extensão e recondutoramento de rede convencional para rede distribuição compacta em uma concessionária de Manaus-AM 86

Quelvidy Ramil Batista Nascimento, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.11

Capítulo 12: Possibilidade de uso de irradiação solar para geração de energia elétrica para suprir a demanda de uma residência 95

Rafael Henrique Ramos de Aguiar, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.12

Capítulo 13: Dimensionamento do sistema fotovoltaico on-grid para conexão à rede elétrica em uma instituição de ensino..... 104

Rafael Murilo Folgosa Cruz, Livia da Silva Oliveira, Renato Rodrigues da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.13

Capítulo 14: Análise da eficiência dos ônibus elétricos e sua viabilidade econômica como transporte coletivo na cidade de Manaus-AM..... 111

Renan Castro de Siqueira, Alexandra Amaro de Lima, Hamilton de Assis Ferreira Junior, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.14

Capítulo 15: Adequação do sistema elétrico em uma fábrica de eletrônicos do Polo Industrial de Manaus-AM..... 124

Renato Rodrigues da Silva, Livia da Silva Oliveira, Alexander da Silva Batista

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.15

SUMÁRIO

Capítulo 16: Automação de aparelhos de ar-condicionado utilizando ESP32: Um estudo de caso sobre conforto térmico em salas comerciais 134

Sendy Jany Leal de Oliveira, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.16

Capítulo 17: Aspectos operacionais de máquina de inserção automática: Estudo de caso em uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM) 139

Shelzea Maciel Pinto, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.17

Capítulo 18: Aplicação da metodologia DFE em uma manta solar 146

Thays Saraiva da Mota, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.18

Capítulo 19: Automatização do teste funcional de rigidez dielétrica (HIPOT) em uma indústria de eletroeletrônico no Polo Industrial de Manaus-AM 153

Victor Hugo da Silva, Waylen Ferreira de Barros, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.19

Capítulo 20: Sistema de monitoramento ESD para JIGAS de teste elétrico: Identificar condições ESD dos equipamentos elétricos de acordo com as normas ANSI/ESD S20.20 162

Waylen Ferreira de Barros, Victor Hugo da Silva e Silva, Kate Suellen Gemaque Mota, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.20

Capítulo 21: Melhoria de processo: Uso de sistema automatizado para retrabalho de peças de injeção termoplástica 171

Weder Vinicius Paiva Ozório, Livia da Silva de Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.21

Capítulo 22: Desenvolvimento de parâmetros essenciais para classificação de geradores 178

Willison Marcelo Magalhães Meira, Livia Da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-286-0.CAP.22

Capítulo 1

Manutenção corretiva: Análise dos serviços elétricos realizados em uma empresa de prestação de serviços na cidade de Manaus-AM

Keulem Charles Pereira da Silva

Livia da Silva Oliveira

Resumo: O sistema elétrico brasileiro existe inúmeras interligações entre linhas de transmissão e de distribuição e diversos equipamentos. Para manter todo o sistema em pleno funcionamento é necessário um grande trabalho de todos os agentes envolvidos na sua condução, principalmente aqueles voltados para as tarefas de manutenção. Para caracterizar uma forma eficiente de realizar a priorização das ações de manutenção, foi realizada uma análise da base, defeitos de uma empresa de prestação de serviços, considerando os registros realizados no ano de 2022, fazendo o uso de algumas ferramentas da qualidade. Assim objetivou analisar a importância da equipe de manutenção corretiva em uma empresa de prestação de serviços elétricos na cidade de Manaus. Identificando os tipos de serviços de manutenção realizados. E os métodos disponibilizados as equipes e avaliar as ocorrências após a manutenção corretiva. Para os procedimentos metodológicos foram direcionados para revisão de literatura de estudos publicados. Sendo que, a manutenção corretiva direcionada ao sistema elétrico de potência, vem sendo considerada como uma função estratégica dentro das empresas, uma vez que, influencia a qualidade e nos resultados da organização e visa contribuir para a eficácia nos processos produtivos na perspectiva de melhorar o sistema elétrico.

Palavras - chave: Serviço; manutenção corretiva; setor elétrico.

1. INTRODUÇÃO

Diariamente são realizados serviços de elétricos em residências e pontos comerciais, as empresas que realizam esse tipo de serviço disponibilizam de equipes com profissionais qualificados que exercem serviços de acordo com a necessidade solicitada, portanto, a manutenção corretiva deve ser eficaz para que o trabalho realizado não cause problemas futuros.

A manutenção corretiva por sua vez, é realizada no equipamento somente após a ocorrência de uma falha ou falha DOE, dependendo do tipo de evento, pode ou não ser programada. A Manutenção preditiva conhecida como manutenção baseada em condições ou em condições de equipamentos, tem como maior vantagem realizar a manutenção antes que o problema ocorra, evitando os danos decorrentes (REBELATTO et al., 2019).

Assim, quanto mais complexa a manutenção, mais tecnologias complexam e pessoal qualificado é necessário para operá-las. Ainda o IDEM (2019), um incidente nem sempre dá a capacidade de se preparar ou planejar com antecedência, acontece de repente e de forma imprevisível, causando uma emergência ou ação de emergência para a equipe de manutenção. Desse modo, diante a essa questão: Qual a importância da equipe de manutenção corretiva em uma empresa de prestação de serviços de energia?

A relevância desse estudo para comunidade acadêmica, é compreender como funciona a manutenção corretiva na empresa de prestação de serviço em energia, pois esse tipo de serviço ocorre quando o sistema elétrico já apresenta algum problema e necessita de reparo imediato, que é o tipo de manutenção elétrica mais urgente. No entanto, o serviço é prestado se houver uma ameaça imediata à segurança dos usuários.

A metodologia utilizada foi o estudo de caso, análise dos serviços de elétricos realizados em uma empresa de prestação de serviços para o setor elétrico na cidade de Manaus. As empresas devem permanecer ativas no mercado para que possam atender às suas necessidades, reduzir o desperdício de produtos, os erros de controle de qualidade e aumentar a segurança dos funcionários e maquinário relacionado.

A questão norteadora da pesquisa objetivou analisar através de um estudo de caso a importância da equipe de manutenção corretiva em uma empresa de prestação de serviços elétricos na cidade de Manaus. Para obter o alcance foi necessário especificar as estratégias: identificando os tipos de serviços de manutenção realizados com mais frequência. Aplicando os quais métodos disponibilizados as equipes para manutenção corretiva e no final avaliar as ocorrências após a manutenção corretiva.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Quanto aos procedimentos técnicos, trata-se de uma pesquisa de revisão de literatura, com estudo de caso. Utilizou-se revisão de literatura de estudos publicados para fundamentar a parte teórica desenvolvimento do trabalho. Estudo de caso, pois por meio do estudo teórico e da coleta de dados através dos meios utilizados pela empresa tem a finalidade de comparar os estudos já realizados com o da empresa de prestação de serviço elétrico, com intuito de obter resultados reais (PEREIRA, et al, 2018).

Para alcançar os objetivos propostos, foi realizado uma análise através de um estudo sobre a importância da equipe de manutenção corretiva em uma empresa de prestação de serviços elétricos na cidade de Manaus-AM, para reunir informações sobre os métodos de manutenção corretiva utilizada e seus benefícios, destacado em três fases:

1ª fase: Identificar os tipos de serviços de manutenção realizados com mais frequência, por meio do monitoramento realizado pela equipe de manutenção elétrica que são: inspeção minuciosa no sistema a fim de encontrar qual o motivo do problema e realizar os reparos da maneira mais eficiente possível, sem maiores complicações aos usuários, conferência de fiação, sobrecarga.

2ª fase: Aplicar os quais métodos disponibilizados as equipes para manutenção corretiva, buscando-se analisar técnicas de manutenção corretiva de reparos imediatos buscando resolver os riscos eminentes para segurança dos usuários.

3ª fase: Avaliar as ocorrências após a manutenção corretiva, através dos gráficos, de Identificação dos tipos de serviços de manutenção em métodos de manutenção corretiva.

Cada etapa descrita foi apresentada no próximo capítulo, com intuito de comparar os resultados da empresa em estudo com outros autores que realizam tipos de estudos similares da proposto no trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram descritos buscando responder a problemática do estudo de caso, com intuito de mostrar métodos corretos de manutenção corretiva, na tentativa solucionar as falhas, aumenta a produtividade e a eficiência da equipe, diminui o custo com manutenções e reparos, assim aumenta a vida útil dos equipamentos.

3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

A empresa em estudo considera a equipe de manutenção corretiva de suma importância, a capacitação e o trabalho em equipe são fatores diferenciais na manutenção elétrica de média e baixa tensão, é devidamente treinada e capacitada para proporcionar um melhor atendimento, qualitativo e com menor tempo, com menor impacto no processo produtivo.

Para o sistema elétrico de potência, a interrupção no fornecimento de energia elétrica representa um grande problema e prejuízo aos consumidores, uma vez que afeta diretamente o funcionamento de diversos equipamentos eletrônicos. Além disso, a falta de energia elétrica pode causar danos materiais em alguns casos. Portanto, a descontinuidade do serviço é bastante acompanhada e representa, em grande parte, a garantia da sobrevivência das concessionárias.

Há várias classificações de manutenção que podem ser postas no sistema elétrico e cada uma delas possui suas práticas básicas, o que determina seu escopo de atuação. Segundo NBR 5462 (1994), ações de manutenção a serem efetuados em um nível de intervenção especificados os tipos mais populares são: manutenção preventiva, manutenção corretiva, manutenção preditiva.

Manutenção Preventiva

Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item (NBR 5462 (1994)). O objetivo da manutenção preventiva é evitar um episódio de falha, baseando-se na prevenção, acontecendo de forma periódica e programada. Pode ser vista como um meio para garantir qualidade e reduzir custos e

riscos. É preferida quando a segurança da produção ou dos equipamentos é o fator mais importante para a organização (OLIVEIRA, 2020). Para Reis (2018), Manutenção preventiva em sistemas elétricos compreende em trabalhos executadas para precaver, detectar e ou corrigir falhas, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.

No entanto, manutenção preventiva é executada em equipamentos para evitar que eles sejam danificados ou para evitar que sejam necessárias reparações. Pode incluir inspeções regulares, testes, limpeza, lubrificação e substituição de peças desgastadas.

Manutenção Corretiva

Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida (NBR 5462, 1994). Conforme Almeida (2017), a manutenção corretiva tem a finalidade de atender imediatamente a produção, a máquina ou o equipamento que parou. Para Reis (2018), a manutenção corretiva é a primeira forma de manutenção, conhecida pelo ciclo "quebra-conserta", ou seja, o reparo dos equipamentos elétricos após a anomalia. Consiste na forma mais cara de manutenção elétrica quando considerada do ponto de vista total do sistema elétrico de potência. Essa manutenção tem como objetivo reparar ou substituir as partes danificadas para que o equipamento possa voltar a funcionar normalmente.

A manutenção corretiva ocorre em dois cenários diferentes. O primeiro deles acontece quando detectado previamente, tornando a manutenção possível de programação, que um equipamento apresenta um desempenho inferior ao que era esperado. Já o segundo está localizado no momento que ocorre a falha, necessitando uma ação imediata, sem a possibilidade de programação. O objetivo é claro, trata-se da correção imediata de problemas que inviabilizam o bom funcionamento (OLIVEIRA, 2020). A manutenção corretiva é realizada após a identificação de um problema. Esse tipo de manutenção é feito para consertar um equipamento ou uma máquina, e é sempre feito de forma emergencial.

Manutenção Preditiva

Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (NBR 5462, 1994). manutenção preditiva tem como finalidade prevenir falhas nos equipamentos elétricos através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento elétrico pelo maior tempo possível (REIS, 2018). A manutenção preditiva é uma estratégia de manutenção que utiliza análises para prever quando um determinado componente pode falhar, pode ser usada para minimizar o tempo de inatividade e aumentar a disponibilidade dos equipamentos.

3.2. MÉTODOS DE MANUTENÇÃO CORRETIVA QUE A EMPRESA DISPONIBILIZA AS EQUIPES

As atividades de manutenção presentes na distribuidora de energia elétrica é bastante ampla, podendo abranger diversas funções em setores distintos. O Quadro 1 mostra as principais atividades existentes, no entanto, a lista não se configura restritiva. A realização dos serviços por mão de obra própria ou terceirizada variar de acordo com a

realidade do serviço. Sendo que não há padrão determinado, mas é bastante comum que atividades consideradas estratégicas estejam interligadas.

Quadro 1: Resumo das principais atividades de manutenção da Empresa

<i>Atividades Vinculadas a Manutenção do Sistema Elétrico</i>
Inspeção em Redes de Distribuição e Linhas de BT e MT
Manutenção Corretiva em poste
Manutenção Corretiva, Transformadores de Distribuição
Manutenção Corretiva de chave CUC e CPF
Manutenção de Urgência e Emergência de Redes de Distribuição e Linhas BT e MT
Instalação de cabo multiplexado em KM (BT)
Instalação de cabo Space em KM (MT)
Poda de Árvores e Limpeza de Faixa e Outras Atividades de Vegetação

Fonte: Autores (2022)

Ressaltando que as atividades citadas podem ocorrer em situações de rede energizada ou desenergizada e envolvem uma série de procedimentos operacionais padrão (POPs). Para Júnior, Cavalcante e Neto (2021), outro aspecto relevante, é que hoje existe uma diversidade muito alta de características específicas das instalações e redes elétricas, como a presença de circuitos blindados, medições tele medidas, sistemas de recomposição automática (*self-healing*), clientes livres, geração distribuída, tecnologias *smart grid*, entre outras.

O processo considerado sistemático, com planejamento, gerenciamento, executado e envolvendo a equipe de colaboradores qualificados e gerentes do setor de manutenção da empresa, assim evitando danos aos clientes e funcionário da empresa. Para Oliveira (2020), conseguir melhorar a qualidade do fornecimento de energia é necessário identificar e analisar os problemas, ou seja, as falhas que ocorrem em determinado sistema. Neste sentido e de suma importância que a gestão da manutenção deve ser feita de forma a incluir todos os processos de manutenção, desde a programação e a execução das manutenções, até o controle dos custos e a análise dos resultados.

Além do mais, por meio de indicadores de qualidade quando a concessionária não consegue cumprir os valores dos indicadores de continuidade estabelecidos pela ANEEL (2022), por consequência de um grande número de interrupções no fornecimento de energia elétrica, elas são penalizadas por uma compensação pelo serviço inadequado. Essa compensação deverá ser creditada aos consumidores atingidos, e contabilizada como custos adicionais, reduzindo o seu faturamento. Por isso, dentre todas as atividades operacionais desenvolvidas, as atividades que envolvem a interrupção e/ou o restabelecimento do fornecimento de energia têm, sem dúvida, muita importância (MAGALHÃES, 2017).

Por isso, se faz necessário uma equipe de profissionais que prestam suporte técnico para solucionar problemas de funcionamento de um equipamento ou sistema. Ainda mais a equipe de manutenção corretiva, é responsável por reparar itens que estão

quebrados ou não funcionando corretamente. Devem ser capazes de identificar o problema e corrigi-lo de forma rápida e eficiente, reparar ou substituir peças danificadas, fazer ajustes e garantir que o equipamento esteja em conformidade com as especificações. Conforme Oliveira, (2020), a equipe de manutenção visa fornecer serviços de qualidade e assertividade, existindo não apenas para reparar equipamentos, mas também para prevenir falhas e garantir disponibilidade. Estão relacionados ao conjunto completo de ações, de definições e de decisões estratégicas sobre as tarefas que devem ser realizadas, além de ter o controle orçamentário para a manutenção.

3.3. AVALIAÇÃO DAS MANUTENÇÕES CORRETIVAS

A manutenção corretiva em uma rede de distribuição se torna indispensável na reparação de dispositivos ou equipamentos danificados, se faz necessária devido a falhas no funcionamento ou danos causados por condições adversas, como tempestades, e também pode ser fundamental para melhorar o desempenho da rede ou para implementar novas tecnologias. Diante do cenário exposto, foi possível perceber a quantidade de variáveis possíveis para o desenvolvimento de um escopo para criação do acompanhamento esperado, ou seja, os requisitos podem variar bastante ao longo dos desdobramentos, como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1: Performace do plano de manutenção-MT/BT



Fonte: Autores (2022)

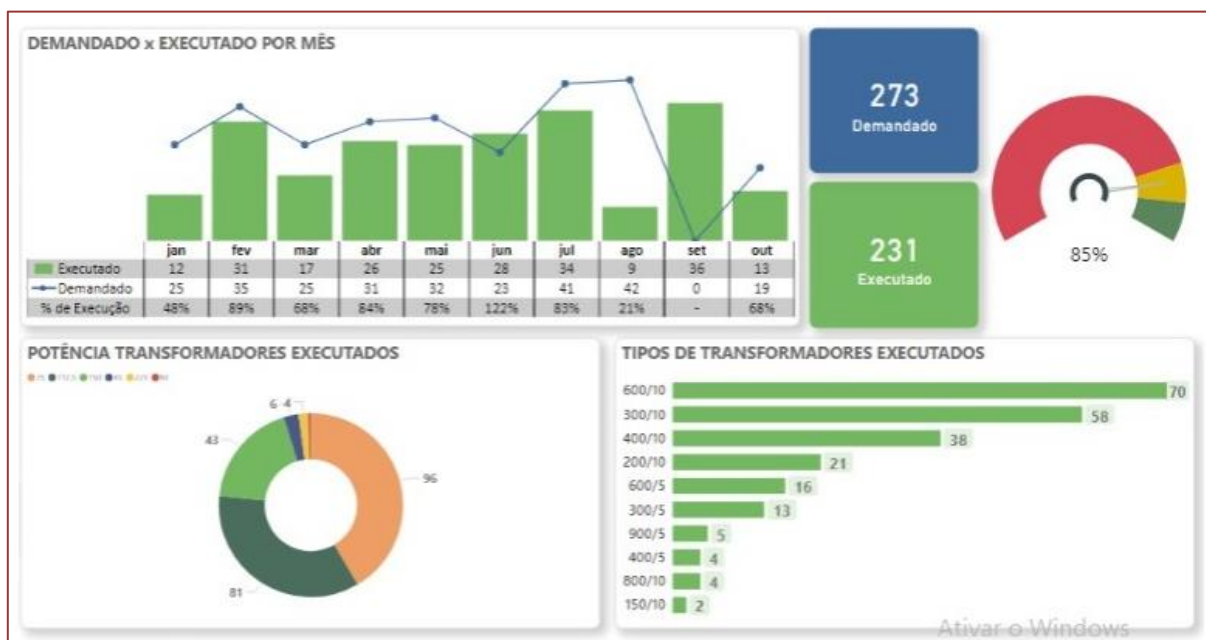
O Gráfico 1 mostra as prestações de serviços de manutenção da empresa, neste sentido, dentre as atividades relacionada a manutenção corretiva em poste é posta com mais rapidez pela equipe, visto que, além de atrapalhar o trânsito ainda ocorre a interrupção de energia, neste caso quando é formada mais de uma equipe para a solucionar do problema o quanto antes. Outro ponto, direciona a substituição de

transformadores, esse posto em sobrecarga é danificado devido à alta corrente que passa através do mesmo. A alta corrente pode ser causada por vários motivos, incluindo um curto-circuito no circuito elétrico.

Destaca-se também a substituição de chaves CUC (Chave Seccionadora Unipolar), utilizada na maioria dos casos para interrupção e manutenção de redes de distribuição e ramais. Capaz de suportar elevados níveis de curto-circuito. E CPF (Chave Fusível Polimérica), utilizada em sua maioria como dispositivo de proteção em transformadores. Neste caso, manutenção ocorre devido a chave ocasionar algum problema de funcionamento ou a deteriorização por fenômenos naturais comprometendo o operação do equipamento. Para Reis (2018), a parte da estratégia de manutenção elétrica voltada para as operações de inspeção e revisão, compreendendo na substituição de peças por causa de um defeito ou de uma falha revelada em específico na chave seccionadora. Tem finalidade de corrigir as causas e efeitos que possam acarretar, sua indisponibilidade no sistema elétrico de potência em condições não programadas.

Para Oliveira (2020), A manutenção corretiva ocorre em dois cenários diferentes. O primeiro dele acontece quando detectado previamente, tornando a manutenção possível de programação, que um equipamento apresenta um desempenho inferior ao que era esperado. Já o segundo está localizado no momento que ocorre a falha, necessitando uma ação imediata, sem a possibilidade de programação. O objetivo é claro, trata-se da correção imediata de problemas que inviabilizam o bom funcionamento. Conforme Bandeira e Britto (2020), as regulações podem ser reconhecidas como um conjunto de dispositivos legais que é capaz de restringir a conduta e evitar a ocorrência de ações indesejáveis.

Gráfico 2: Controle de rede MT/BT – Adequação



Fonte: Autores (2022).

O Gráfico 2 se refere aos serviços de manutenção da empresa, na solução do problema e ao mesmo tempo adequação dos serviços, pois a qualidade da energia depender muito do trabalho da equipe, neste caso, verifica-se os procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica, abordando temáticas de qualidade do produto, qualidade do serviço e qualidade no tratamento das reclamações (ANEEL, 2018b). Para Lima (2017), as ações de uma organização, foram desenvolvidas as ferramentas da qualidade para propor soluções aos problemas que interferem no bom desempenho da mesma, gerando, naturalmente, o aumento da qualidade dos seus processos.

A interrupção no fornecimento de energia elétrica gera muito transtorno e prejuízo aos consumidores. Portanto, a descontinuidade do serviço é bastante acompanhada e representa, em grande parte, a garantia da sobrevivência das concessionárias. O planejamento e cumprimento correto de um plano adequado de manutenção, garante a conservação dos equipamentos para funcionar corretamente frente as mais diversas intempéries (MAGALHÃES, 2017). Neste sentido, o planejamento é uma etapa importantíssima, independentemente do tamanho ou complexidade do serviço, representa uma oportunidade de solução eficiente e caracteriza um meio para garantir a qualidade e reduzir os custos de falhas, perdas de equipamentos, retrabalhos e prejuízos dos consumidores que utilizam do serviço.

A medida em que a manutenção e os reparos rápidos e dinâmicos acontecem, a gestão de manutenção direcionada a sistema elétrico de potência, vem sendo considerada como uma função estratégica dentro das empresas, pois tem influência direta na qualidade e nos resultados da organização e visa contribuir para a eficácia nos processos produtivos de forma a melhorar a disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos elétricos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou diversos aspectos relacionados as estratégias de manutenção direcionada a sistema elétrico de potência, visando contribuir para a eficácia nos processos produtivos de forma a melhorar a disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos elétricos. Com as informações encontradas, pode-se notar a importância da manutenção corretiva aplicada a sistemas elétricos de potência, obtém um grande aparato dentro do sistema organizacional. Com todas as ações corretivas propostas, a gestão de manutenção pode desenvolver uma metodologia prática e eficiente, contemplando parte dos equipamentos de maior relevância no processo produtivo.

O sistema elétrico brasileiro detém uma enorme complexidade na sua operação. Os indicadores de qualidade e satisfação medem a eficiência que uma distribuidora de energia atinge ao entregar seu produto e serviço e são afetados diretamente pelo desligamento das linhas de distribuição e pelos equipamentos que a compõem. A manutenção é o meio de gerir o funcionamento dos equipamentos que compõem o sistema e, por isso, vem sendo considerada como uma função estratégica dentro das empresas, pois tem influência direta na qualidade e nos resultados da organização. .

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5462/1994. Confiabilidade e manutenibilidade.
- [2] ALMEIDA, P.S. Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada. 1 ed. São Paulo-SP: Saraiva, 2017. <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/4826/1/EltonFerreiradosSantos.pdf>. Acesso em 22 de set. de 2022.
- [3] ANEEL. Indicadores. Disponível online: <https://www.aneel.gov.br/indicadores>. Acesso em 10 de set. de 2022.
- [4] BANDEIRA, M. L.; BRITTO, P. A. P. DE. Desempenho econômico-financeiro e valor das ações em um contexto de mudança regulatória: o caso do setor elétrico brasileiro. Revista Catarinense Da Ciência Contábil, v. 19, p. 2891, 2020.
- [5] JÚNIOR, José Ivan de Sá. CAVALCANTE, Fabricio. NETO André Pedro Fernandes. Modelagem de um acompanhamento estratégico de KPIs apoiado no Scrum: estudo aplicado a gestão da manutenção de atividades primarizadas em distribuidoras de energia elétrica. Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica. 2021. <https://doi.org/10.21708/issn27635325>. Acesso em 22 de set. de 2022.
- [6] LIMA, L. S. S. Avaliação do gerenciamento de equipes de projetos BPO: um estudo de caso em uma empresa de consultoria do RIO DEJANEIRO. 2017. In: OLIVEIRA, Samara da Costa. Painel de apoio à decisão para priorização das ações da gestão da manutenção corretiva. Fortaleza, 2020.
- [7] MAGALHÃES, E. F. A. Modelagem e Simulação de Indicadores de Continuidade: Ferramenta Auxiliar para a Manutenção em Redes de Distribuição de Energia Elétrica. 2017. In: OLIVEIRA, Samara da Costa. Painel de apoio à decisão para priorização das ações da gestão da manutenção corretiva. Fortaleza, 2020.
- [8] OLIVEIRA, Samara da Costa. Painel de apoio à decisão para priorização das ações da gestão da manutenção corretiva. Fortaleza, 2020.
- [9] PEREIRA, Adriana Soares; SHITSUKA, Dorlivete Moreira; PARREIRA, Fabio José; SHITSUKA, Ricardo. Metodologia da pesquisa científica [recurso eletrônico] – 1. ed. – Santa Maria, RS: UFSM, NTE, 2018. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Ci-entifica.pdf?Sequence=1. Acesso em 22 de out. de 2022.
- [10] REIS, Jelber Muniz dos. Gestão estratégica de manutenção aplicada a sistemas elétricos de potência. Uberlândia, 2018.

Capítulo 2

Uma proposta de automatização da rede elétrica de média tensão na cidade de Manaus-AM

Larissa Anchieta Pinheiro

Livia da Silva Oliveira

Resumo: A tecnologia aplicada a rede de distribuição elétrica tem se desencadeado um avanço na automatização, flexibilidade operacional, restabelecimento de energia e confiabilidade no sistema elétrico de potência que, por sua vez, é utilizado nas concessionárias de energia para manter o fornecimento de energia elétrica para obter a qualidade do produto e a de serviço sempre com o padrão do órgão regulador ANEEL. Com este desenvolvimento e proposta de aplicação na rede elétrica de Manaus, busca ter olhar para o futuro da tecnologia e a confiabilidade dos indicadores de continuidade. Se assemelha com o desempenho de redes elétricas de Média Tensão pode ser adotado em bairros específicos e detalhar os circuitos alimentadores divididos e assim encontrando possíveis falhas na rede que pode ser evitado o transtorno dos clientes ficando sem energia, por um longo tempo. A utilização dos religadores automáticos é justamente para o benefício da sociedade onde é aplicado e a concessionária de energia que irá reduzir os impactos dos indicadores de qualidade de energia elétrica.

Palavras-chave: Religadores automáticos; qualidade de energia; distribuição de redes elétricas.

1. INTRODUÇÃO

Com base no avanço da tecnologia o aumento de melhorias manuais estão se tornando melhorias automatizadas. No setor elétrico esse avanço não é diferente e com isso a automatização da rede elétrica de distribuição é um alvo de qualidade de energia para os que consomem e os que fornecem, (Moreira, 2018) as concessionárias de energia junto com o órgão regulador ANEEL para manter e melhorar o desempenho com os indicadores de qualidade.

Segundo Melo, S. Lucas et Al (2019) as redes elétricas inteligentes (REI) estão a partir desse avanço e consistindo em outras melhorias no sistema de distribuição de energia, mas também na geração, transmissão e incluindo o consumo de energia. A rede de distribuição tem porventura suas ramificações sendo em Alta Tensão, Média Tensão e Baixa Tensão e assim sendo transportadas em níveis de tensão diferente, e a rede de distribuição de Média Tensão segundo (ABRADEE, 2021) essa rede consiste em estar visível em ruas e avenidas das grandes cidades e comendo três fios condutores aéreos sustentados por cruzetas de madeira em postes de concreto.

Os religadores automatizados já existem aqui na cidade de Manaus, mas não são todos automáticos. Neste âmbito se em toda a cidade houvesse a automatização como um todo dos religadores, os indicadores da qualidade (DEC e FEC) global irá diminuir, aumentando a confiabilidade do sistema elétrico, melhorar a satisfação dos consumidores de energia e contribuir com a credibilidade com o órgão regulador ANEEL.

Segundo o PRODIST, módulo 1 Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora – DEC e Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora – FEC. Esses indicadores da qualidade confirmam o que realmente acontece em campo e comparar as faltas de energia da concessionária por conjunto elétrico, saber se está sendo mantido o indicador regulatório pela concessionária.

A estimativa de bairros atingidos por falta de energia recorrentes pode abranger vários motivos como: atuação de equipamento, descargas atmosféricas, demanda alta de carga no sistema elétrico e as ramificações destes. Com a mudança climática existente na região norte a automatização ajudaria para o restabelecimento de energia nos bairros que sofrem recorrentemente e assim minimizando o impacto dos indicadores de qualidade, aumentando a flexibilidade de automatismo da rede de distribuição de Média Tensão.

Segundo o PRODIST, módulo 8 A distribuidora deve dispor de sistemas ou mecanismos de atendimentos emergenciais, acessíveis aos usuários, para que estes apresentem suas reclamações quanto a problemas relacionados ao serviço de distribuição de energia elétrica, sem prejuízo do emprego de outras formas de sensoriamento automático da rede.

Tornar acessível a flexibilidade de atendimento emergencial dos clientes já é um padrão regulatório que ainda deve ser adotado pela concessionária de energia, e caracterizando uma concessão com confiabilidade no sistema elétrico de energia.

As especificações adotadas para buscar o melhor desempenho dos religadores na cidade de Manaus visa a identificação dos bairros que sofrem mais impacto por falta de energia e assim propor o automatismo da rede elétrica no local escolhido. As melhorias contínuas da rede de distribuição surgem para melhorar a credibilidade da concessionária de energia com seus clientes e assim atendendo o padrão do órgão regulador ANEEL.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A identificação dos bairros mais impactados por falta de energia elétrica e com esses dados extrair quais estão sem religadores automáticos. Depois irá ser feito análise mais profunda das constantes faltas de energia, separando por defeitos recorrentes que acontece de forma emergencial na cidade de Manaus. Após a análise realizada propor a automatização da rede elétrica e mostrar as vantagens perante com o órgão regulador ANEEL, satisfação com os clientes e a minimização dos indicadores de qualidade DEC e FEC.

Segundo Correia (2021) Os distúrbios de qualidade de energia elétrica (DQEE) afetam diretamente os índices de continuidade de transmissão e distribuição da energia elétrica. Assim, para a prevenção dos defeitos e planejamento dessas ações mitigadoras, o monitoramento ininterrupto da rede elétrica tornou-se imprescindível para prevenção e proteção.

O estudo é de natureza quantitativa, devido ser uma análise de algo que aplicado pode ter resultados positivos, a coleta de dados irá obter um respaldo perante os índices da qualidade de energia, no qual foi analisado a Concessionaria de energia elétrica, situada em Manaus desde 2018. Atende a distribuição de energia elétrica do Estado do Amazonas, e contempla as manutenções preventivas e corretivas das redes elétricas aéreas.

Com a qualidade de energia elétrica é fundamental no setor de distribuição que envolve os indicadores de continuidade DEC e FEC, será separado por conjuntos elétricos de Manaus e a proposta de automatização da rede elétrica. Os conjuntos elétricos calculados para a composição global dos indicadores é totalizado pelo Amazonas inteiro, neste estudo será extraído somente uma amostra de Manaus.

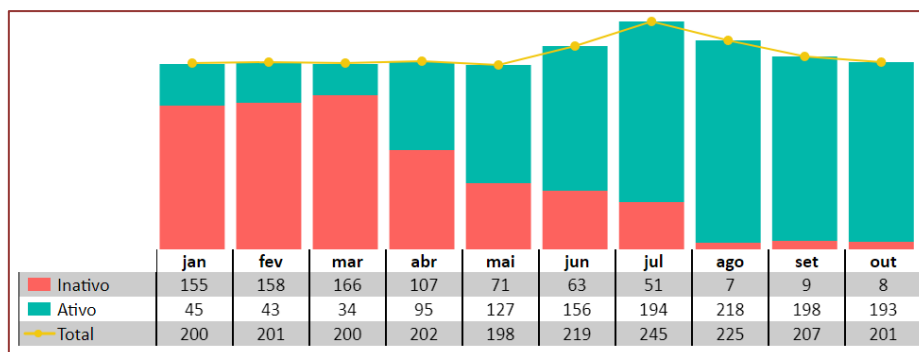
Foi utilizado o Software Power System Simulator (PS SIMUL) v. 2.01.130, da empresa CONPROVE para realizar as simulações dos circuitos elétricos destes bairros com a automatização “100%”, realizar comparativo entre os dados passados e mostrando assim a análise da qualidade de energia elétrica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados analisados os religadores apesar de serem telecomandados e estarem ativos, sua configuração e confiabilidade somente acontece quando é investigado os reais motivos de sua atuação na rede de distribuição elétrica.

Segundo Hoss (2018), A operação é muito diferente no quesito de tipo e a ser considerado decisivo na escolha deste serviço. O manuseio e automatização deste equipamento de proteção da rede exige uma infraestrutura mais robusta e disponível como nas chaves e nos religadores. Com o tempo de resposta eficiente.

Na Figura 1, mostra a identificação dos religadores instalados ate o momento nas redes de distribuição de Manaus, com esses dados foram validados os bairros que estão sendo impactados por falta de energia, e alguns deles foram encontrados dados de proteção, sistematica do uso de religadores e interpretação das ações de como executar as funções necessárias.

Figura 1: Religadores telecomandados na rede de distribuição de Manaus-AM

Fonte: Autores (2022)

Com as informações em tempo real as concessionárias de energia vêm utilizando os religadores telecomandados para a diminuição do tempo de restabelecimento de energia elétrica. Segundo Pauli (2022), as concessionárias de distribuição de energia elétrica armazenam uma grande quantidade de informações sobre os equipamentos e trechos de rede em uma base de dados georreferenciada.

Alguns bairros apresentam com maior índice de falta de energia no mês de outubro por conjunto elétrico, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Valores de DEC individual por conjunto elétrico

Conjunto	Valor Acumulado OUT/2022 (DEC)
SANTO ANTONIO	4,21
PONTE NEGRA	2,55
MAUÁ	2,29
REDENÇÃO	2,26
FLORES	2,21
DISTRITO INDUSTRIAL II	2,19
SÃO JOSÉ	2,13
CIDADE NOVA	1,93
SERINGAL MIRIM	1,84
V OITO	1,70
MARAPATA	1,44
APARECIDA	1,41
CACHOERINHA	1,10
DISTRITO INDUSTRIAL I	0,17

Fonte: Amazonas Energia (2022)

No conjunto elétrico Santo Antônio é possível identificar religadores que podem ser realocados em seus circuitos elétricos de distribuição de energia, como também tem um índice de empresas com cargas elevadas e clientes residenciais. No conjunto elétrico Ponta Negra é considerado realocar os religadores como também separar mais os circuitos para obter flexibilidade operacional do sistema. Nos conjuntos elétricos Mauá e

Redenção é aplicado o mesmo modelo de Ponta Negra.

No conjunto elétrico Flores são cargas elevadas por conta de condomínios e órgãos do governo, localização de área de lazer, bares, hospitais. É aplicado o modelo de separação de circuitos, elevar a carga dos disjuntores de subestações, e realocação dos religadores.

As utilizações de ferramentas para automatizar a rede elétrica serve para identificar as possíveis causas sendo elas permanentes ou transitórias na rede de distribuição. Na Tabela 2 é analisado o valor de DEC acumulado dos conjuntos elétricos de Manaus que por sua vez tem circuitos alimentadores com uma área de atendimento de três ou quatro bairros que atinge muitos clientes e assim a aplicação desses religadores e sua utilização com as ferramentas de proteção, falta a terra, seletividade, relevância no circuito alimentador.

Tabela 2: DEC mensal 2021, concessionária de Manaus

Indicadores de Continuidade por Conjunto	
AME - Outubro/2021	
CONJUNTO	DEC
SANTO ANTÔNIO	4,52
DISTRITO INDUSTRIAL II	3,39
REDENÇÃO	3,03
SÃO JOSÉ	2,97
FLORES	2,86
MAUÁ	2,40
PONTA NEGRA	2,39
CIDADE NOVA	2,09
MARAPATÁ	2,09
DISTRITO INDUSTRIAL I	1,90
V 8	1,80
SERINGAL MIRIM	1,23
APARECIDA	1,10
CACHOEIRINHA	0,98

Fonte: ANEEL (2021)

Com a relação aos indicadores de continuidade entre 2021 e 2022 de outubro pode se notar uma diferença entre os conjuntos elétricos na Tabela 2, o índice de DEC analisado é superior ao de 2022 sendo que a automatização da rede de energia elétrica de Manaus

tem evoluído no desenvolvido de flexibilidade operacional, seletividade dos equipamentos, deslocamento de equipes. A utilização desta análise é justamente para saber como está o andamento de um circuito alimentador de cada conjunto elétrico e assim atuar nas reincidências, manutenções preventivas, realocação de religadores, estudar os remanejamentos de cargas e visando a melhoria contínua no sistema de distribuição.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os religadores na rede de distribuição de Manaus-AM e as suas realocações para a flexibilidade operacional do sistema elétrico, conclui-se que os conjuntos elétricos que foram mais atingidos por falta de energia devem melhorar após essa proposta e implementação.

Os impactos positivos para os indicadores de qualidade terão importância tanto para os serviços de qualidade de energia e de qualidade do produto. Os serviços de manutenção irão ter mais eficácia na atuação de equipamentos da rede elétrica de distribuição.

Além dos serviços de manutenção preventiva e corretiva é adotado a verificação de link de internet com o equipamento para subsidiar as informações precisas em tempo real ao COD (Centro de Operação da Distribuição) e com isso saber a forma correta de agir, no caso o religador estando em modo remoto por sua vez a Operação consegue fazer a manobra em menos de três minutos, assim diminuindo os impactos nos indicadores de continuidade de energia elétrica e muitos clientes atingidos.

REFERÊNCIAS

- [1] ABRADDEE. Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADDEE). Copyright© 2021 ABRADDEE. Disponível em: <<https://www.abradee.org.br/>>. Acesso em: 12 set. 2022.
- [2] AMAZONAS ENERGIA. Departamento de Operação da Capital, Pós Operação, 2022.
- [3] ANEEL. PRODIST Módulo 1 - Introdução, 2022.
- [4] ANEEL. PRODIST Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica, 2022.
- [5] CORREIA, D. Y. A et al.; Fatores de projetos para instalação de religadores com foco na qualidade de energia. Adelpa repositório digital, 2021.
- [6] HOSS, P. M. Estudo da melhoria alcançada nos índices de continuidade com a aplicação de religadores automáticos em rede de distribuição. UNIJUÍ, 2018.
- [7] MELO, S. L., et. al. (2019). Sistema de recomposição automática para rede de distribuição de energia desenvolvido em JADE. UFC UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (2019).
- [8] MOREIRA, D. A. E. Aplicação de religadores híbridos em redes de distribuição de energia elétrica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2018.
- [9] PAULI, G. et al. PMOGA Aplicado ao Problema de Alocação de Religadores Automáticos em Sistemas de Distribuição Elétrica. Periódicos UNIVALI, 2022.
- [10] ROSENDO, C. M; EXTERKOETTER, G. Utilização de religadores monofásicos em redes de distribuição de energia elétrica e impactos nos indicadores de continuidade da Celesc. Repositório Universitário da Ânima (RUNA), 2021.

Capítulo 3

A automação como ferramenta de controle na economia de energia no processo de produção

Leildo Nascimento de Souza

Livia da Silva Oliveira

Resumo: Este artigo apresenta a implementação de um sistema inverso de frequência utilizando o Controlador lógico programável (CLP), em máquina injetora de marca Can Yang, na linguagem padrão ladder, para o funcionamento otimizado em uma indústria do Polo Industrial de Manaus, fabricante de cabos elétricos para geladeiras, micro-ondas, televisor e cabos. No estudo de caso realizado, inicialmente foi observado o funcionamento da máquina injetora bem como a sua operacionalização por 20 dias. Primeiramente, foram instalados o circuito elétrico, inversor de frequência, contactores, botoeiras, cabos e relé, que serão utilizados no comando do motor com a CLP. Posteriormente foi feita a lógica de acionamento da função de controle programada no CLP usando a linguagem ladder. Com a aplicação apresentada por este estudo, foram obtidos resultados satisfatórios, que incluem a otimização da máquina injetora Can Yang e a economia de energia elétrica correspondente a uma redução de 10% do valor total em uma máquina.

Palavras-chave: Controlador lógico programável; automação; economia.

1. INTRODUÇÃO

A indústria está em constante desenvolvimento devido ao uso intensivo e necessário, de tecnologias que buscam sempre a fabricação de produtos novos e de forma ágil, com uma reposta rápida quanto à demanda associada à otimização das cadeias de produção e de suprimento (FREITAS, 2020).

O consumo global de energia proveniente da indústria brasileira desde 2009, vem apresentando um potencial técnico de redução de 25,7%, demonstrando possuir o maior potencial de economia de energia.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2020), no ano de 2020 o ODEX da indústria ganhou eficiência energética de 9,7%, correspondendo há uma redução média de 0,7% ao ano, considerando o ano base de 2005. Sendo que os setores de metalurgia e mineração o que mais se destacam. No caso do setor industrial houve um impulsionamento significativo quanto ao aproveitamento de energia, impactando consideravelmente na competitividade e na tecnologia.

Sigahi e Andrade (*apud* LIMA; PINTO, 2019) citam que até 2025, estima-se que os processos que dizem respeito à Indústria 4.0 tendem a apresentar uma redução significativa de custos e manutenção de equipamentos em até 40%, e de consumo de energia em até 20%, sugerindo um possível aumento na eficiência de trabalho em até 25%, refletindo em cerca de aproximadamente US\$ 39 bilhões até 2030 no PIB brasileiro.

A automação industrial proporciona a utilização de qualquer dispositivo, seja ele mecânico ou eletrônico, como forma de controle de máquinas e de processos, fazendo uso computadores ou de outros dispositivos denominados como lógicos, como por exemplo os Controladores Lógicos Programáveis ou CNCs (FREITAS, 2020).

Em se tratando dos controladores lógicos programáveis (CLP), eles fazem uso de memórias programáveis para realizar a gravação de instruções e promover a execução das funções de controle considerando vários níveis de complexidade. E para que o processo seja automatizado, as variáveis físicas do sistema devem ser identificadas para que possam ser utilizadas pelos dispositivos de controle, pois faz uso de memória programável justamente para poder realizar as operações de lógica, sequência, temporização dentre outras. Sendo assim, os CLPs controlam por meio de entradas e saídas, operando com as variáveis digitais ou analógicas, as quais são utilizadas de forma geral por indústrias manufatureiras (CRUZ; FRAUZINO, 2017).

As indústrias buscam otimizar os processos, com o intuito de reduzir custos e mão de obra, e de melhorar o aproveitamento de espaços físicos. Com o surgimento dos Controladores Lógicos Programáveis foi possível renunciar a grandes quadros de comandos (Figura 1), antes realizado pelos relés eletromagnéticos, e de conseqüentemente não realizar grandes manutenções complexas (SILVA, 2020).

Figura 1: Funcionamento de um CLP

Fonte: Silva (2020)

Pereira (*apud* SILVA, 2020) ressalta que é na unidade de comunicação onde são introduzidos os programas aplicativos no CLP, monitorando todas as operações realizadas, o que conseqüentemente ocasiona num baixo custo de energia, realizar programação sem necessidade de parar o processo de produção, além de permitir a interface por meio de comunicação com os outros CLPs e microprocessadores.

Segundo Freitas (2020) tecnologias como os controladores lógicos programáveis (CLP), *interfaces* homem máquina (IHM), computadores industriais, inversores de frequência, robôs e comandos numéricos computadorizados (CNC) associadas às aplicações como os *softwares* industriais proporcionam eficiência na automação, relacionados tanto à otimização de procedimentos quanto na valorização do produto.

Em se tratando das linguagens utilizadas, a International Electrotechnical Commission, por meio da norma IEC 61131-3, determina seis linguagens de programação do CLP, dentre as quais a mais utilizada é o diagrama *ladder* (LD-Ladder Diagram), convertendo a simbologia de entradas, bobinas de saídas, contato aberto, contato fechado de forma que o CLP entenda (CAETANO, 2018).

O presente artigo demonstra a implementação de um sistema inverso de frequência utilizando o controlador lógico programável (CLP), em máquina injetora de marca *Can Yang*, na linguagem padrão *Ladder*, em uma indústria do Polo Industrial de Manaus (PIM), fabricante de cabos elétricos para geladeiras, micro-ondas, televisor e cabos para carregar celular, avaliando o seu funcionamento afim de evidenciar a otimização de processo assim como a economia de energia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa é de natureza exploratória e qualitativa, se caracterizando como um estudo de caso, realizado em uma indústria do Polo Industrial de Manaus (PIM), a qual fabrica cabos elétricos para geladeiras, micro-ondas, televisor e cabos para carregar células, fazendo uso de 10 máquinas injetoras *Can Yang*.

O estudo se deu por meio de visita *in loco*, analisando o funcionamento de uma máquina injetora *Can Yang*, por um período de 20 dias, com a finalidade de levantar o consumo e observar os procedimentos adotados pelos operadores responsáveis, onde foi identificado o funcionamento ininterrupto durante intervalo do almoço dos operadores e pequenas paradas no decorrer da produção para contagem de produtos.

Após identificada a máquina injetora, foi instalado o circuito elétrico, o inversor de frequência contactores, botoadeiras, cabos, relé, que atuarão diretamente no comando do motor com a CLP.

Com a injetora pronta para receber a programação, foi dado início a proposta de desenvolvimento do incremento da linha, com o auxílio de um notebook, foi instalado o *soft RSLogix 500®* na linguagem padrão *Ladder*. Como incremento inicial do programa foi direcionado ao tempo de parada do motor, onde caso ele não seja acionado num tempo de 3 minutos passa a funcionar somente quando acionado pelo operador.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo foi realizado em uma indústria do Polo Industrial de Manaus (PIM), fabricante de cabos elétricos para geladeiras, micro-ondas, televisor e cabos para carregar celulares, possuindo 10 máquinas injetoras *Can Yang* em funcionamento.

Durante o levantamento das informações foi constatado que as máquinas funcionavam ininterruptamente, pois os operadores as deixavam ligadas em seus horários de descanso, quando não, realizavam paradas para conferir a contagem dos produtos.

3.1. QUANTO À INSTALAÇÃO DO CIRCUITO NA MÁQUINA INJETORA CAN YANG

Após a implementação das ferramentas de funções do programa para que houvesse a interface com o CLP, realizando posteriormente a lógica de acionamento usando a linguagem *ladder*, iniciou-se a busca de tentar solucionar de imediato o funcionamento contínuo de forma interrupta da máquina, dando o primeiro comando, que foi a parada do motor após estar em suspenso de ações num tempo de 03 minutos, adequando as normas N10 e N12 de segurança em máquinas e sistema elétrico.

De acordo com Franzino e Cruz (2017), uma das funções da automação industrial é de fornecer e gerenciar soluções, tanto no chão de fábrica na melhoria do desempenho das atividades, quanto no gerenciamento dessas informações com custo reduzido.

Em estudo realizado por Silva *et.al* (2018), onde propôs a automação de uma das linhas de produção de uma empresa que fabrica borrachas escolares, dentre as três propostas inseridas, todas resultaram num aumento da capacidade de produção. Em se tratando da proposta que dizia respeito à automação do embalamento da borracha B e C, verificou-se crescimento de 43% e 65% respectivamente na produção e redução do custo final de 7,50% e 12,23%.

Segundo Melo & Fernandes (2020) o acesso facilitado às novas tecnologias, associada à sua utilização de forma correta, proporciona um processo de gestão tecnológica com o desenvolvimento correto, dando a garantia da alta qualidade aos produtos e reduzindo os riscos ergonômicos das tarefas oriundas da mão de obra humana.

Dentro do contexto do aumento da competitividade entre as indústrias que o desenvolvimento da automação buscando a melhoria do desempenho de suas linhas de produção surge os controladores programáveis. Segundo Costa (2022) o CLP proporciona a gestão de falhas de forma efetiva, por meio dos sinalizadores visuais, informando qual parte do sistema está ocorrendo o erro, possibilitando o diagnóstico com uma certa rapidez.

De acordo com Silva (2021) em estudo de caso realizado em dois setores produtivos de uma empresa do ramo automobilístico, verificou-se a realização de trocas de eletrodos, independentemente da sua vida útil, por 3 vezes por turno, ocasionando em mais gasto e descarte desnecessário, totalizando um consumo médio anual de 17.714 eletrodos na área do Respot. Após a implantação dos sensores temporizadores, os eletrodos passaram a ser retirados de forma automática, onde a troca manual média diária passou para duas vezes por turno, ocasionando em uma redução de consumo de 34% de eletrodo por ano, apresentando assim mais eficiência na utilização dos recursos.

3.2. QUANTO À PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA DE COMANDO PARA ATUAR NA AUSÊNCIA DO OPERADOR

Durante o procedimento de instalação foram aplicadas as normas NBR 5410 de instalação elétrica e a NR12 a qual estabelece os requisitos e preventivos, os quais contribuem para a aplicabilidade das medidas de segurança durante o serviço (Figura 2).

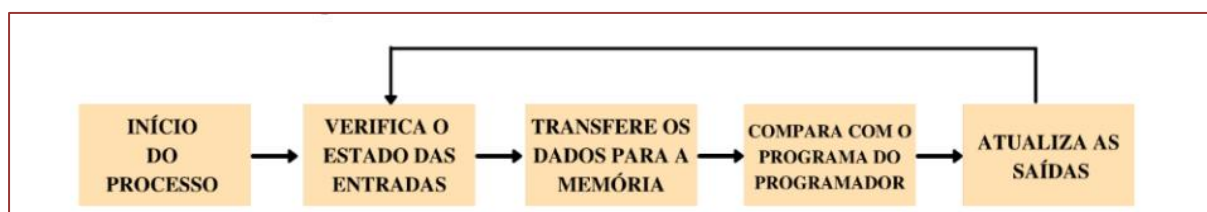
Em se tratando da escolha da programação *ladder* se deu pelo fato de ser a mais utilizada no mercado atual, de estar presente em quase todos os controladores, de conseguir realizar o controle de sistemas industriais e críticos, e por ser [...] uma linguagem simples e visual (FRANZINO & CRUZ, 2017).

Segundo De Melo e Da Silva Filho (2021) em pesquisa realizada durante o processo de mistura das matérias-primas nos tanques operacionais de tinta, cuja etapa na maioria das vezes é realizada manualmente e sem padronização, onde foi proposto a utilização da linguagem *Ladder* no software SoMachine Basic, também buscando a implementação do CLP, ela se mostrou funcional e eficiente às linhas de código, realizando os comandos com excelência e proporcionando segurança operacional, minimizando os custos e propagando a padronização no processo de produção de tintas.

O processo de automação está relacionado a implantação de sistemas que estejam interligados e verificados pelas redes de comunicação, dando a possibilidade de expansão fazendo uso de recursos que são de fácil acesso (MELO & FERNANDES, 2020).

De Melo e Da Silva Filho (2021) relatam que a escolha dos CLP's no processo de automação se dá pelo fato de que: “[...] são sistemas adaptáveis à diferentes operações de processos industriais. [...] evidenciada devido a flexibilidade, confiabilidade, compactação e padronização das indústrias.”

Figura 2: Ciclo de funcionamento de um CLP



Fonte: De Melo e Da Silva Filho (2021)







O funcionamento do CLP, de acordo com Paula & Pinto (2021), depende das informações recebidas por meio dos sensores e dispositivos de entrada, os quais realizam o processamento dos dados e, controlam os atuadores e dispositivos de saída agindo de acordo com os programas instalados.

No que diz respeito à linguagem *Ladder*, Costa (2022) relata que: “A forma com que o temporizador se apresenta na interface do software de programação varia conforme o fabricante, entretanto funcionam de maneira similar.”

Uma característica que facilita a compreensão por parte dos profissionais da área elétrica, é a semelhança com os diagramas elétricos convencionais, onde cada símbolo que é utilizado nessa linguagem é associado a uma variável presente na memória do controlador, que está relacionada com os dispositivos de entrada, saída ou com a área de armazenamento de dados relacionados às funções especiais (COSTA, 2022).

Na Figura 3 podemos observar a equivalência de contatos elétricos aos símbolos presentes na programação *ladder*.

Figura 3: Elementos do diagrama de contato

	SÍMBOLO LADDER	ELEMENTO ELÉTRICO
CONTATO ABERTO		
CONTATO FECHADO		
SAÍDA		

Fonte: De Melo e Da Silva Filho (2021)

De acordo com Franzino & Cruz (2017), na execução da construção de um protótipo de processo industrial com base no software de simulação ITS-PLC, da empresa RealGames, o qual é composto por esteiras transportadoras, a escolha da programação foi em *ladder*, pelo fato de ser simples e visual, o que na sua percepção é ideal para processos enxutos, como o caso em questão, pois não houve a necessidade da criação de uma interface adicional. E ressalta que caso fosse um processo complexo, seria indicado o uso de uma linguagem de “um nível mais elevado”, visto que os diagramas relacionados aos relés e bobinas podem se tornar extensos e de visualização mais difícil.

Ao investigar as principais tecnologias utilizadas na indústria 4.0, Souza *et al.* (2017) relata que os segmentos que produzem autopeças, equipamentos eletrônicos e veículos são os que mais investem em tecnologia. A Siemens funciona 24 horas por dia e faz uso de mais mil opções de programações CPL's, a Embraer, realiza simulações para prever erros que antes somente seria detectado durante o voo e a Rolls Royce está se preparando para fazer uso de manufatura aditiva.

3.3. QUANTO À AVERIGUAÇÃO DA ECONOMIA DE ENERGIA

Ao analisarmos a funcionalidade do inversor de frequência junto a automatização realizada na máquina, buscamos a informação de consumo das máquinas *Can Yang*, e verificamos que o motor apresenta potência de 3.7 kw ou 5.0 cv.

Após mensurarmos o consumo de energia da máquina em questão, verificou-se a possibilidade de redução de energia, conforme os cálculos apresentados na (Tabela 1), com base no levantamento de dados realizado num período de 05 e 20 dias uteis, por 08 horas por semana.

Tabela 1: Cálculos para análise de possibilidade de redução de energia

Máquina	Potência (W)	Dia	Hora	Tarifa	Valor (R\$)
Injetora <i>Can Yang</i>	4625 W	5	8	1,24	229,4
		20	8	1,24	917,6
		20	7	1,24	802,9

Fonte: Autores (2022)

Ao analisar a potência máxima de consumo do motor, correspondente à 4.625 w consumido na rede elétrica, com tarifa da concessionária de 1,24 kwh, num período de 5 dias uteis, constatou-se o consumo de R\$ 229,40, e em 20 dias uteis, constatamos um consumo de R\$ 917,60. Após analisar as possibilidades de consumo, fizemos uma simulação em 20 dias uteis, por 7 horas por dia, e concluímos que há a possibilidade de chegar a uma redução de mais de R\$ 100,00, correspondente a uma redução de 10% do valor total em uma máquina, o que podemos concluir que aplicado às 10 máquinas existentes na indústria, haveria uma redução 1% no setor.

De acordo com Santos (2020) o inversor de frequência controla a potência, que será apenas o necessário para a carga. Representando uma vantagem quanto a economia de energia, devido ao fato de o inversor fornecer somente a potência necessária para o motor, e ainda podemos citar outras vantagens ao sistema como: o controle da demanda da rede, evitando a alta corrente durante a partida e sobrecarga por aceleração de cargas de alta inércia e possibilidade de ganho na eficiência do sistema quando o inversor controla a máquina, ajustando a carga proporcionando um aumento de rendimento no sistema.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo tratou do estudo de caso que buscou evidenciar o resultado de uma implementação de um sistema utilizando o inversor de frequência com controle lógico programável. Como demonstrou-se ao longo do artigo, a automação é um recurso que proporciona ganho na produtividade através da otimização das atividades.

Após o período de observação, se fez necessária a implementação de funções do programa para que ocorresse a interface com o CLP, iniciando o processo de automação industrial em uma máquina injetora *Can Yang*, dando o primeiro comando para a parada

do motor após a suspensão de ações num período de 03 minutos, resolvendo a questão do funcionamento de forma interrupta da máquina, melhorando a gestão de falhas por meio do temporizador.

A linguagem padrão *Ladder*, a mais utilizada pelo mercado, pelo fato de estar presente em quase todos os controladores, e de fácil compreensão, foi a escolhida para interligar as informações, promovendo justamente a integração de conhecimentos que substituam os humanos pelos dispositivos e softwares criados a partir de especificações quer funcionais quer tecnológicas.

Durante a observação durante 20 dias, constatou-se que após a implementação do sistema a máquina apresentou economia quanto a energia elétrica, podendo apresentar uma redução em 10%, o que podemos concluir que aplicado às 10 máquinas existentes na indústria, haveria uma redução 1% quanto à energia daquele setor, demonstrando de forma clara a eficácia do processo de automação, fazendo uso de seus recursos tecnológicos.

Tendo em vista os dados observados, a automação apresentou impacto positivo, proporcionando de imediato redução de custo quanto ao processo bem como a melhoria da eficiência da operação em questão, correspondendo a uma pequena parte da produção, podendo ser aplicado às outras máquinas, aumentando de forma considerável o impacto da automação.

REFERÊNCIAS

- [1] CAETANO, Alba Francine de Souza. Verificação automática de sistemas descritos usando a linguagem ladder. Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/RAOA-BCDHWT>> Acesso em 03, out 2022.
- [2] COSTA, Guilherme Henrique Silveira. Utilização de um controlador lógico programável em um sistema de bombeamento de água. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/35521>> Acesso em 21 out 2022.
- [3] CRUZ, Vinícius; FRAUZINO, Júlio. Implementação do protótipo de uma planta automatizada para o controle de esteiras utilizado CLP. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017. Disponível em: <[CP_COELT_2017_1_17.pdf](http://cp_coelt_2017_1_17.pdf) (utfpr.edu.br)> Acesso em 20, set 2022.
- [4] DE MELO, G. F.; DA SILVA FILHO, J. S. Programação em ladder de misturas químicas em tanques para produção de tintas. Revista Brasileira de Processos Químicos, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 43-55, 2021. Disponível em: <<https://www.fateccampinas.com.br/rbpq/index.php/rbpq/article/view/12>>. Acesso em: 23 out. 2022.
- [5] EPE-EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Atlas da eficiência energética. Brasil, 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/atlas-da-eficiencia-energetica-brasil-2021>> Acesso em 03, nov. 2022.
- [6] FREITAS, Elton da Silva. Aplicação de tecnologias de Automação industrial para melhoria de processos de produção: Um estudo de caso, 2020. Trabalho de conclusão de curso. Disponível em: <Repositório de Universidade Federal Rural do Semi-Árido: Aplicação de tecnologias de Automação industrial para melhoria de processos de produção: Um estudo de caso. (ufersa.edu.br)>. Acesso em 16, set. 2022.
- [7] LIMA, A. G. de; PINTO, G. S. INDÚSTRIA 4.0: um novo paradigma para a indústria. Revista Interface Tecnológica, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 299–311, 2019. DOI: 10.31510/inf.v16i2.642. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/642>. Acesso em: 19 set. 2022.

- [8] MELO, Rolfimam Teixeira; FERNANDES, Márcio da Silva. Redução de custos em processos industriais: aplicação da instrumentação e automação. HUMANIDADES E TECNOLOGIA (FINOM), v. 22, n. 1, p. 156-177, 2020. Disponível em:< REDUÇÃO DE CUSTOS EM PROCESSOS INDUSTRIAIS: aplicação da instrumentação e automação | Melo | HUMANIDADES E TECNOLOGIA(FINOM) (icesp.br)> Acesso em 23 out. 2022.
- [9] SANTOS, John Messias Ribeiro dos. Controle de nível por eficiência energética em sistema de recalque de água tratada para reservatório por bomba centrífuga horizontal acoplada a motor de indução trifásico acionado por inversor de frequência. Dissertação (Mestrado) 2020. Instituto Lactec. Disponível em:< CNEE (lactec.org.br)> Acesso em 24 out. 2022.
- [10] SILVA, Hynner Stephano. Soluções lógicas em linguagem ladder utilizando o TLP logixpro simulation como ferramenta didática para roteiros de aulas práticas de CLP, 2020. Disponível em: < <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/6390> > Acesso em: 21 set. 2022.
- [11] SOUZA, Paulo Henrique de et al. Indústria 4.0: contribuições para setor produtivo moderno. 2017. Disponível em:<<https://abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2017&c=34537>> Acesso em 01 nov. 2022.

Capítulo 4

Desenvolvimento de um sistema de iluminação pública baseado em LED e IOT

Lucas Sales Ferreira

Livia da Silva Oliveira

Resumo: Este artigo apresentou a substituição da iluminação pública tradicional pela iluminação a led em determinada área, pois para a iluminação pública não basta determinar quantidade de luz em uma região, mas também criar condições para que se torne algo importante, eficaz e eficiente, conveniente para o usuário que transita na região. Foi mostrado um estudo comparativo e de campo entre as iluminações existentes, a capacidade de iluminação da nova tecnologia utilizada, seus ganhos em relação as demais, a vantagem proporcionada pelo monitoramento inteligente do sistema e a economia que é superior a todas outras existentes no momento. A tecnologia também beneficia o meio ambiente por não conter metais pesados e gases nocivos, consistindo em materiais recicláveis, e tendo uma longa vida útil que reduz o descarte indevido ao meio ambiente.

Palavras-chave: Iluminação pública; led; consumo energético.

1. INTRODUÇÃO

A iluminação é responsável por cerca de 17 % do total da eletricidade utilizada no país, sendo que, cerca de 40 % a 45 % da eletricidade consumida por um prédio comercial, é utilizada para a obtenção de energia luminosa. Diante deste fato, é visível a necessidade de investimentos para garantir um melhor aproveitamento da energia utilizada com a geração de luz. Conservar energia é preservar o meio ambiente (COSTA, 2018).

Diodos emissores de luz (LEDs) têm características favoráveis de tamanho menor, uma vida mais longa, menor necessidade de manutenção, maior resistência contra a quebra, e estar livre de mercúrio e, portanto, menos prejudicial ao meio ambiente do que as tradicionais fontes de iluminação. São utilizados amplamente para iluminação de interiores e aplicações de iluminação ao ar livre, tais como iluminação de tráfego, displays, iluminação pública e assim por diante (CHENG, 2017).

Atualmente em algumas cidades os modelos de lâmpadas utilizadas na iluminação pública podem dificultar a mobilidade, devido à baixa qualidade na iluminação que essas lâmpadas oferecem, além de não contribuírem para o meio ambiente devido o consumo elevado de energia e possuírem em sua composição o mercúrio ou quando o sistema de iluminação é a vapor. Uma alternativa para essa situação são as lâmpadas LED que promovem uma maior qualidade na iluminação e preservam o meio ambiente pois são feitas de materiais sustentáveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi desenvolvido um sistema de iluminação pública a led com inteligência nos pontos (postes), indicando em tempo real uma base que a lâmpada se encontra queimada ou com obstrução do sensor, esse sistema se afasta dos existentes hoje no mercado devido um controle sensorial maior de escuridão que os atuais. Será implantado na Av. Atroaris, ela possui cerca de 1.40 km e fica localizada na Cidade Nova 1, zona norte de Manaus, é utilizada para fazer a ligação da avenida Max Teixeira ao conjunto galileia e aos bairros aos adjacentes.

Os sistemas de iluminação pública são ferramenta essencial para manter a qualidade de vida noturna da população nos principais centros urbanos. Esses equipamentos atuam em conjunto com as grandes redes de distribuição de energia, sendo os principais meios de luminosidade presentes na sociedade, incluídos em diversos pontos para atuação. Dentre os postes de energia elétrica, é possível se utilizar diferentes fontes de luz, para atingir fins específicos, sendo que o meio mais eficaz conhecido são as lâmpadas de Led.

Mediante os fatos mencionados, foi idealizada uma sequência de passos a serem cumpridos, visando obter conhecimentos expressivos sobre conceitos elétricos para as etapas de iluminação e conceitos tecnológicos, para realizar o desenvolvimento do sistema proposto. Essas etapas foram organizadas em:

Etapas Teóricas: Inicialmente foi realizado um estudo conceitual sobre as principais funcionalidades presentes em redes de energia, focando principalmente nos tópicos referentes a iluminação, buscando entender todas as características das lâmpadas de Led, e como são implementados os sistemas de iluminação nas áreas urbanas.

Etapas de Desenvolvimento: Partindo para a parte prática desse estudo, buscamos implementar o sistema de iluminação inteligente proposto, focando principalmente na

etapa de monitoramento presente nesse sistema como uma funcionalidade diferencial, utilizando-se das lâmpadas de Led para a iluminação.

Etapa de Testes: Finalizando então, buscamos realizar testes práticos para obter respostas sobre o funcionamento e eficácia do sistema, buscando corrigir e melhorar os principais erros encontrados, para garantir que seu funcionamento final atenda aos objetivos propostos de maneira satisfatória.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o desenvolvimento do sistema de iluminação com Led juntamente com a funcionalidade de monitoramento já mencionada, realizamos testes práticos que atenderam os resultados esperados. Conforme as respostas surgiam com a realização dessas simulações, observamos que as vantagens fornecidas pelas lâmpadas de Led em comparação com outros modelos utilizados comumente é um dos grandes diferenciais desse sistema.

3.1. COMPARAÇÃO DE ILUMINAÇÕES

Foi realizado um estudo comparativo entre as tecnologias existentes no mercado, onde se observa na Tabela 1 um grande ganho em relação as demais tecnologias existentes no que se refere a iluminação. Os itens que mais chamam a atenção são os que são chamados de Lumens, que se refere fluxo luminoso, eficiência (W), IRC Índice de Reprodução de Cor é muito importante. É ele que indica o grau de fidelidade com que as cores são reproduzidas em uma determinada fonte de luz, pôr fim a vida útil que muito superior as tecnologias anteriores

Tabela 1: Comparativo de tecnologia de iluminação

Tipo	Potência	Tensão	Lumens	Eficiência	Temperatura	IRC (%)	Vida média(H)
Mercúrio	400	220	32000	80	5200	90	10000
Vapor	400	220	34000	70	6000	80	30000
Led	200	220	26000	130	5200	70	50000

Fonte: Autores (2022)

Como é possível observar nas informações presentes na Tabela 1, os três modelos de lâmpadas citados possuem características distintas. Com os resultados apresentados através da formula de cálculo de eficiência ($\text{Potência} / \text{Lumens} = \text{Eficiência}$), fica evidente que a lâmpada de Led é uma opção mais viável para implementação devido a seu elevado grau de eficiência e vida útil. Segundo Cole (2018), a capacidade luminosa que as lâmpadas de LED possuem duram até 25 vezes mais que as incandescentes e 3 vezes mais que as fluorescentes. Uma lâmpada de LED usada por 8 horas diárias, por exemplo, pode durar até 17 anos, e ainda assim sofre pouca alteração no brilho ao longo do tempo (DIAL, 2018).

Outro ponto interessante a se mencionar é que, embora a potência dessas lâmpadas seja menor quando comparada as outras, não significa que sua emissão de luz também seja. Isso se deve a baixa produção de luz devido ao aquecimento dos outros modelos de lâmpada. Assim, com a contribuição de Silva et al. (2020) e Moraes et al.

(2021), as lâmpadas de Led são inovações tecnológicas para equipamentos de iluminação, possuindo benefícios expressivos a respeito de eficiência, capacidade de iluminar e sustentabilidade.

3.2. ALCANCE DO LED

A utilização de lâmpadas de Led no sistema proposto, também trouxe resultados agradáveis sobre o alcance máximo de luminosidade nos principais centros implementados. Buscamos realizar esses testes em ambientes com grandes números populacionais presentes, para garantirmos que serão atendidas as necessidades mais demandadas na sociedade sobre sistemas desse tipo.

Tabela 2: Alcance médio do sistema em pontos estratégicos

Local	Distância de via de pedestres	Distância de via de Veículos	Distância entre os postes
Comércios	2,4 m	13,0 m	40,0 m
Hospitais	4,0 m	16,0 m	45,0 m
Escolas	3,0 m	15,0 m	40,0 m
Hotéis	2,5 m	13,0 m	42,0 m
Outros	3,0 m	15,0 m	45,0 m

Fonte: Autores (2022)

A Tabela 2 apresenta os valores médios utilizados para a implementação do sistema em determinados centros urbanos. Todos os ambientes mencionados foram iluminados de maneira apropriada, com uma emissão de luz agradável para a população presente, e foi capaz de atender as necessidades visuais dos motoristas que eventualmente passavam pelas vias próximas. Portanto, como apoiam Araújo (2018) e Junior (2022), as lâmpadas de Led produzem grandes quantidades de iluminação, sendo uma ferramenta muito utilizada atualmente, e capaz de evitar problemas envolvendo a escuridão e a falta de visão devido a sua ampla capacidade.

3.3. CAPACIDADE DE MONITORAMENTO

A funcionalidade de monitoramento inteligente presente no sistema de iluminação forneceu respostas significativas em aspectos de segurança e controle dos equipamentos implementados nesse sistema. Com essa ferramenta, foi possível identificar em tempo real os mecanismos problemáticos presentes, devido a danificação ou influências externas que se tornaram prejudiciais no ambiente de testes.

Tabela 3: Aspectos de monitoramento

Ocorrência	Tempo de Resposta	Iluminação Disponível
Lâmpada com Baixa Capacidade Luminosa	5 seg	Sim (Fraca)
Fumaça de Veículos	3 seg	Sim
Obstrução de Sensor	7 seg	Sim
Lâmpada Queimada	4 seg	Não

Fonte: Autores (2022)

A Tabela 3 apresenta alguns resultados obtidos por meio dessa funcionalidade, obtidos com os testes realizados. Dentre as ocorrências apresentadas, algumas foram propositalmente testadas para garantir sua eficácia, sendo elas a utilização de lâmpada com baixa capacidade luminosa e queimada. Outros problemas encontrados, referem-se à obstrução do sensor por causas diversas, além da fumaça e fuligem produzidas por veículos, especialmente caminhões, que influenciam tanto na iluminação como no sensor. É possível observar que logo após a identificação do problema, o tempo de resposta para disponibilizar o relatório de erro ao administrador do sistema é relativamente baixo, levando apenas alguns segundos, além de indicar se a produção de luz continua funcional. Então, como apoiam Ribeiro et al. (2020) e Oliveira et al. (2020), a aplicação de técnicas de monitoramento nos sistemas tecnológicos atualmente, é uma importante funcionalidade para aprimorar aspectos de controle e segurança, sendo então, um diferencial interessante para o sistema de iluminação com Led proposto.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após realização dos estudos, pode-se identificar que a implementação do sistema de monitoramento de condição na iluminação pública trás diversos benefícios ao setor, agilizando na manutenção e controle, evitando acidentes e ocasiões desfavoráveis aos consumidores.

Também pode-se observar que, por meio da substituição das luminárias antigas pelos modelos atuais de Led, pode levar à uma grande economia no sistema de iluminação pública e no aumento da qualidade na iluminação nos locais, favorecendo ambas das partes tanto da concessionária com a diminuição de deslocamentos e manutenção quanto do consumidor com as taxas de iluminação pública mais baixas.

Por fim após a conclusão dos estudos, testes e resultados do tema trabalhado, foi possível obter as vantagens interessantes referente a economia e eficiência energética na parte da iluminação pública.

REFERÊNCIAS

- [1] ARAÚJO, F.; CAVALCANTE, J.; ARAGÃO, J.: A Engenharia Elétrica A Serviço Do Meio Ambiente–Uso Das Lâmpadas De Led. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC). Brasil, 2018.
- [2] CHENG, Chun-An. “Design and Implementation of a Single-Stage Driver for Supplying an LED Street-Lighting Module with Power Factor Corrections”. Proc. IEEE Int. Symp. Circuit Syst., pp.956 - 966 2017.

- [3] COLE, M. "Solid-State Lighting: The New Normal in Lighting". IEEE Trans. Power Electron, pp.109-119 2018.
- [4] COSTA, G. J.C. "Iluminação econômica – cálculo e avaliação 4ªed". Porto Alegre: EDIPUCRS, 2018, 561 p.
- [5] DIAL. Lighting design software DIALux, 2018. Disponível em: <<https://www.dial.de/en/dialux/>>. Acesso em: 17 novembro. 2022.
- [6] DIRETTI O.; PIONTKIEWICZ, R.; RAIZER, A.: Projeto e implementação de um driver microcontrolado com elevado fator de potência para lâmpadas de LED. Instituto Federal de Santa Catarina. Brasil, 2022.
- [7] MORAES, I.; LEITE, A.; FILHO, S.; BORTOLUZZI, L.; MARQUES, L.; LEIMANN, F.; PERDONCINI, M.: Tratamentos de morangos por radiação UV-C emitidos por lâmpadas de LED. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 4, p. 37119-37128, 2021.
- [8] OLIVEIRA, J.; PERCÁRIO, S.; BRITO, M.; OLIVEIRA, G.; ALEXANDRE, A.; JÚNIOR, H.; ALVES, M.: Contribuições dos instrumentos e tecnologias digitais para o monitoramento e controle do diabetes Mellitus: revisão integrativa. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 12, p. 99564-99574, 2020.
- [9] RIBEIRO, E.; SILVA, P.; SERPE, B.; MATAALLANA, G.; MEIRA, E.; MATTEDI, M.; MARTINS, A.: Transferência de tecnologia para monitoramento ambiental por drone em aterros sanitários regulados e recursos hídricos no vale do Itajaí-SC. Metodologias e Aprendizado, 2, 52-57, 2020.
- [10] SILVA, A.; FRAGA, F.; SANTOS, R.: Revisão bibliográfica sobre os efeitos da radiação luminosa de lâmpadas eletrônicas na visão humana. Revista Eletrônica TECCEN, v. 13, n. 1, p. 33-40, 2020.

Capítulo 5

Sistema de aterramento em um bloco de apartamentos de um condomínio localizado em Manaus-AM

Luiz Alexandre de Moraes Neto

Livia da Silva Oliveira

Resumo: A presença de sistemas elétricos tornou-se algo natural no mundo todo. Por meio das grandes indústrias de transmissão de energia na atualidade, sua distribuição é realizada de maneira controlada e segura. Entretanto, para manter as questões de infraestrutura e segurança sempre funcionais, faz-se necessário a presença de técnicos capacitados para atuarem nesses serviços. Por meio de sistemas elétricos mal implementados, a possibilidade de acidentes graves como choques, sobrecargas de energia e equipamentos danificados é aumentada tanto para cidadãos comuns, como para esses profissionais. Com isso em mente, idealizamos o desenvolvimento de um projeto, que tem como objetivo implementar um sistema de aterramento em um bloco de apartamentos, utilizando-se de suas capacidades de controle de energia por meio da terra para prevenir acidentes graves a pessoas, bem como, evitar prejuízos a outros bens materiais, para então, garantir sempre o bem-estar dos moradores presentes nesse complexo.

Palavras-chave: Sistema de aterramento; sistemas elétricos; segurança.

1. INTRODUÇÃO

A instalação de SPDAs (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas) em prédios, apartamentos, galpões e outros tipos de estruturas é uma exigência do corpo de bombeiros de acordo com a NBR-5419 e é regulamentada pela ABNT (Associação Brasileira de Especificações Técnicas). Seu prédio ou apartamento está devidamente concluído dentro das normas vigentes e a empresa responsável deve cumprir as exigências e normas da ABNT. Além disso, antes da instalação, o projeto do SPDA deve ser elaborado, normalizado e cumprir as condições necessárias para o bom funcionamento do dispositivo.

Ainda neste ponto, vale ressaltar que todos os relatórios de SPDA e de aterramento precisam ser atualizados anualmente de acordo com as normas vigentes e utilizando equipamentos apropriados como medidores de aterramento e miliohmímetros. Além disso, as inspeções semestrais também são importantes.

Embora incomum em edifícios civis, residenciais e comerciais, o aterramento elétrico é obrigatório e essencial para os mesmos, pois atende aos requisitos padrão aplicáveis às instalações elétricas e serve como meio de prevenção de choque elétrico. Vale ressaltar que grande parte dos prédios residenciais e comerciais não existe aterramento elétrico, o que está relacionado a falta de projetos elétricos e a falta de acompanhamento profissional na área (ROCHA, 2022).

O sistema de aterramento é composto por diversas partes desde a entrada de serviço da unidade consumidora até a instalação interna, onde está localizado o condutor de proteção. Depois disso, é possível introduzir partes importantes das normas técnicas para que a instalação ocorra da maneira correta. No entanto, pode-se dizer que o aterramento da instalação elétrica se torna necessário e obrigatório, o que é essencial do ponto de vista de segurança da instalação (FILHO, 2018). Este artigo apresentará um projeto de aterramento obedecendo todas as normas técnicas exigidas de bloco residencial de apartamentos no bairro do Planalto, Manaus-AM.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O aterramento tem muitos benefícios, como evitar choques elétricos, prolongar a vida útil de equipamentos elétricos e eletrônicos, reduzir ruídos em sistemas de som e eletrodomésticos e melhorar o desempenho do computador (KINDERMANN, 2018). Terra é simplesmente uma ou mais hastes de cobre inseridas e conectadas a um fio ou cabo que se estende até os soquetes. Na tomada, esse fio ou cabo é conectado a um terceiro orifício, que é fornecido para aterramento. Seguindo as instruções, torna-se um trabalho prático, seguro e funcional, pois nosso objetivo é que qualquer usuário com pouco ou nenhum conhecimento elétrico possa realizar tarefas com eficiência e segurança.

2.1. PROCEDIMENTOS PARA O ATERRAMENTO FÍSICO

Foram estabelecidos primeiramente 5 passos para o procedimento físico de instalação do aterramento, logo em seguida a criação da documentação necessária para validar o aterramento segundo a norma NRB-5419.

- I. Passo 1 – Escolha do local para enterrar a haste de metal fora de casa ou no jardim e deixe uma ponta para prender os fios. Se você não quiser que a

ponta fique acima do solo, você pode fazer um buraco no balde de plástico para enterrar e guardar a ponta do bastão.

- II. Passo 2 – Selecione os soquetes a serem enterrados e priorize o soquete mais próximo da haste, pois isso reduzirá a quantidade de material e lhe dará um melhor resultado.
- III. Passo 3 – Teste de conexão de fase plug para tensão ou fio positivo. Se a luz acender quando a chave for inserida no slot, é um fio energizado, se não acender, é um fio neutro ou negativo.
- IV. Passo 4 – Após complementar os passos anteriores, desligue o interruptor geral da carcaça e desconecte as tomadas. Use fita isolante ou um marcador para marcar qual fio está energizado ou positivo.
- V. **Atenção:** De acordo com a norma ABNT, o fio energizado deve estar do lado direito da tomada de 3 furos ou 3 polos.
- VI. Passo 5 – Se a haste metálica já estiver enterrada no solo, prenda o fio no plugue na extremidade da haste e estenda-o até a tomada selecionada. Como a tomada já possui um fio fase e neutro, o furo para o fio terra permanece. Então é aqui que você conecta a outra extremidade do fio que vem da haste de aterramento.

2.2. PROCEDIMENTOS PARA A DOCUMENTAÇÃO

A seguinte documentação técnica deve ser mantida no local, ou em poder dos responsáveis pela manutenção do SPDA:

- I. Controle da necessidade de SPDA (externa e interna) além da seleção do nível de proteção correspondente da estrutura através de relatório de análise de risco;
- II. Desenhos dimensionais mostrando as dimensões, materiais e localizações de todos os componentes LPS externos e internos;
- III. Se necessário, informações sobre a natureza e durabilidade do solo; contém detalhes relativos à estratificação do solo, como: número de camadas, espessura de cada camada e valor de resistividade;
- IV. Registro de testes de eletrodos de aterramento e outras medidas tomadas para evitar tensões de contato e de passo. Verifique a integridade física do eletrodo (continuidade elétrica dos fios) e se foi necessária a utilização de medidas adicionais (adicionar materiais isolantes, retirar o local, etc.) para mitigar tais fenômenos. Todo esse procedimento pode ser encontrado na norma NBR-5419.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após uma análise sobre os principais pontos abordados nesse estudo, foi possível a obtenção de resultados significativos na implementação de um sistema de aterramento em um bloco de apartamentos na cidade de Manaus-AM, onde, através por meio dessa funcionalidade, foi possível garantir melhorias de qualidade de vida para os moradores locais.

3.1. PREVENÇÃO DE ACIDENTES

Henrique Mattede (2018) afirma que aterramento elétrico basicamente é uma das maneiras de interferirmos na eletricidade de forma segura, com o intuito de proteger e garantir um bom funcionamento da instalação elétrica e principalmente nos proteger através de dispositivos de proteção. Seguindo a ideia passada pelo autor, podemos concluir que, devido a implementação desse sistema, as principais atividades referentes a elétrica que podem causar acidentes como sobrecarga de energia e descargas elétricas podem ser evitadas por meio desse sistema, devido a sua implantação na terra, o que previne acidentes para os profissionais da área e pessoas comuns.

Quadro 1: Garantias de segurança com sistema de aterramento elétrico

Garantia	Descrição
Integridade de Pessoas	Segurança física de pessoas contra acidentes elétricos.
Integridade de Equipamentos	Equipamentos eletrônicos preservados.
Segurança com Descargas de Energia	Descargas elétricas enviadas para o ambiente terrestre para maior segurança.
Resistência Baixa	Condução de Correntes Elétricas.

Fonte: Autores (2022)

O Quadro 1, mostra como apenas com a implementação de um sistema de aterramento adequado, é possível aumentar de maneira gigantesca a segurança não só de pessoas, como também dos equipamentos em geral. Por conter uma resistência baixa, esse sistema atua como isolante através da terra, garantindo que as correntes elétricas ocorridas não causem danos mais graves a nenhuma pessoa comum ou profissional da área, além de manter sempre em ótimo estado os equipamentos eletrodomésticos dos mesmos. Portanto, como concorda Pinheiro (2017), os sistemas de aterramento são essenciais para garantir maior segurança as pessoas contra corrente elétrica e equipamentos energizados, sendo fundamental para isolar essas descargas e prevenir acidentes.

3.2. SEGURANÇA DE EQUIPAMENTOS

Através da implementação de sistemas de aterramento, é possível evitar desequilíbrios por meio de tensões elétricas, de modo que, exista a possibilidade de proteger o patrimônio das pessoas contra curtos-circuitos. (SVELÉTRICA, 2018). Seguindo o contexto apresentado, foram possíveis obter resultados significativos sobre a segurança dos equipamentos de moradores nesse bloco do condomínio, que possuem em sua residência contato com o sistema de aterramento apropriado, de modo que, a integridade desses equipamentos não sejam prejudicados por ocorrências de descargas atmosféricas, garantindo sempre o seu funcionamento adequado.

Quadro 2: Critérios para a implementação correta de aterramento

Características	Descrição
Resistência Fixa	Resistência não deve sofrer grandes mudanças.
Componentes Resistentes	Equipamentos devem resistir a ambientes diversos
Componentes Robustos	Necessidade de tamanho apropriado para ações externas
Proteção de Eletrodos	Necessário definir maneiras de prevenção de eletrodos contra situações de eletrólise.

Fonte: Autores (2022)

Através dos dados apresentados no Quadro 2, podemos observar que, embora os sistemas de aterramento elétrico possuam resultados benéficos para a proteção de equipamentos, seu funcionamento demanda de ações específicas para agir de maneira correta. Seus equipamentos devem possuir as condições pré-estabelecidas nos termos citados, garantindo a resistência e funcionamento dos mesmos de maneira adequada, além da necessidade de prevenção contra possíveis danos por meio de eletrólise, que pode vir a causar ocorrências por meio de reações com outros objetos elétricos. Então, como apoia Bárbara Silva (2017), seguir os procedimentos adequados para a implementação de um sistema de aterramento é de grande importância para prevenir sobrecargas e curtos que possam vir a danificar os materiais dos moradores, gerando assim, maior conforto e segurança aos mesmos.

3.3. IMPLICAÇÕES DE UM MAU ATERRAMENTO

Com a realização desse estudo finalizada, a quantidade de vantagens obtidas por meio da implementação de um sistema de aterramento foram diversas. Essas vantagens, entretanto, devem-se especificamente a boa utilização desse sistema, seguindo corretamente os procedimentos para instalação já mencionados anteriormente. Segundo o portal SEP Engenharia (2020), “As falhas em instalações elétricas são uma fonte significativa de acidentes, especialmente em ambientes residenciais”. Com isso em mente, pudemos identificar as principais implicações ocorrentes devido à má implementação desse sistema, onde, através desses incidentes, os resultados obtidos no que diz respeito a segurança e capacidade de processamento são bastante desagradáveis.

Quadro 3: Principais Implicações de Aterramento mau realizado na rede de apartamentos proposta

Implicação	Descrição
Descargas Elétricas	Liberação de cargas elétricas, causando choques as pessoas.
Lentidão	Sistemas de proteção mais lentos.
Aquecimento	Mecanismos do sistema superaquecendo com riscos de acidentes.
Problemas em equipamentos	Possibilidade de danificação em equipamentos sem razão específica.

Fonte: Autores (2022)

Podemos ver no Quadro 3, alguns dos problemas encontrados em virtude de aterramento mau realizado, sendo que, entre as ocorrências apresentadas, observamos principalmente suas presenças em aspectos de segurança e integridade de equipamentos, onde, por meio de descargas elétricas, a existência de acidentes com os moradores locais é uma possibilidade grande, bem como, a possibilidade de sobrecargas ou até mesmo incêndios devido ao aquecimento de determinados componentes desse sistema. Outros pontos interessantes mencionados referem-se aos itens pertencentes aos residentes, onde, também é possível identificar a lentidão de determinados eletrônicos, bem como, a possibilidade de falha total dos mesmos.

Assim sendo, segundo Ribeiro (2021), as problemáticas possíveis em virtude da má implementação de sistemas de aterramento, podem causar danos graves não só a materiais, como também aos profissionais e residentes da área, sendo de grande importância seguir a fundo os critérios adequados para sua instalação, evitando assim, incidentes graves, além de garantir os benefícios desse sistema como bom desempenho e segurança.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas pesquisas e testes aplicados ao longo desse estudo, fomos capazes de nos aprofundar sobre os principais conceitos do setor de elétrica, onde pudemos identificar que, a implementação de um sistema de aterramento físico traz benefícios muito relevantes em aspectos de segurança para os clientes, além de garantir a evolução de quesitos referentes a processamentos em itens eletrônicos.

Por meio da utilização desse sistema em uma rede de apartamentos, a garantia de proteção dos residentes locais, bem como dos funcionários que atuam no setor elétrico contra eventuais acidentes, foi reduzida de maneira expressiva, devido a capacidade do mesmo de atuar de maneira preventiva contra descargas de energia, além de preservar o funcionamento de mecanismos específicos, evitando assim, acidentes mais graves como incêndios.

Outro ponto interessante a ser mencionado, é referente a importância do aterramento físico para a preservação de equipamentos eletrônicos, onde, por meio desse sistema, as transmissões de energia em excesso que poderiam causar danos graves aos itens mencionados são evitadas e enviadas para a terra. Com isso, eletrodomésticos que

normalmente poderiam ser danificados devido a curtos-circuitos são mantidos funcionais e íntegros.

Finalizando esse estudo, também fomos capazes de identificar por meio dos resultados adquiridos que, embora esse sistema seja benéfico para o ambiente proposto de diversas maneiras, a necessidade de uma implementação adequada faz-se essencial. É importante seguir os caminhos apresentados para sua inserção, sendo um passo a passo indispensável para o funcionamento do mesmo. O prejuízo causado pela má efetivação desse sistema pode ser gigante, com possibilidade de danos não só a equipamentos eletrônicos, como também a pessoas.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT NBR-5419 (2015). Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.
- [2] FILHO, J. M. Instalações elétricas industriais. 6ª edição: 2018. Editora: Livros Técnicos e Científicos (LTC).
- [3] KINDERMANN, Geraldo. Descargas Atmosféricas. 8ª edição: 2018. Editora: Sagra Luzzatto.
- [4] MATTEDE, H.: Sistema de aterramento, qual utilizar? In: Mundo da Elétrica. Brasil, 2018. Disponível em: < <https://www.mundodaeletrica.com.br/sistema-de-aterramento-qual-utilizar/> >.
- [5] PINHEIRO, T.: Sistemas de Aterramento Em Baixa Tensão. Brasil, 2017. Disponível em: <https://www.academia.edu/sistemas-de-aterramento-em-baixa-tensao>.
- [6] RIBEIRO, H.: Estudo Comparativo De Sistemas De Aterramento Para Redes De Baixa Tensão. Brasil, 2021. Disponível em: < <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/19081> >.
- [7] ROCHA, B. F. A. Avaliação e análise das NR-10 e NR-18 na construção civil. Disponível em: <repositorio.roca.utfpr.edu.br>.
- [8] SEP Engenharia: 7 falhas comuns em instalações elétricas que colocam sua vida em risco! Brasil, 2020. Disponível em: < <https://sepengeletrica.com.br/7-falhas-em-instalacoes-eletricas-e-que-colocam-sua-vida-em-risco/> >.
- [9] SILVA, B.; CASTRO, F.; SOARES, J.: Desenvolvimento De Software Para Elaboração De Projetos De Aterramento Elétrico. Brasil, 2017. Disponível em: < <http://revista.fumec.br/index.php/eol/article/view/3158> >.
- [10] SVELETRICA: A importância do aterramento nas instalações. Brasil, 2018. Disponível em: < <http://www.sveletrica.com/blog/a-importancia-do-aterramento-nas-instalacoes/> >.

Capítulo 6

Energia solar fotovoltaica: Energia opcional para a aplicação em semáforos em Manaus-AM

Manoel Pablo Brito Ribeiro

Livia da Silva Oliveira

Resumo: Com o intuito de encontrar um setor energético sustentável e mais estável, o mercado solar vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. O objetivo deste artigo é mostrar os benefícios que a energia solar em semáforos pode contribuir na diminuição dos fluxos intensos no verão e inverno da localidade, sendo assim, buscando uma redução de energia, de custos e melhorias no tráfego de veículos. Com o aumento populacional é de extrema importância um autocontrole desse sistema, para que possa conservar o fluxo urbano, conforme as regulamentações, os semáforos são necessários no trânsito que tem como finalidade melhorar o fluxo e o direito de ir e vir. Considerando o conceito de energia elétrica nos semáforos, o sistema fotovoltaico off grid é a melhor opção para reduzir os apagões na cidade de Manaus que são causados devido as fortes chuvas da região. Com o auxílio de software é possível encontrar um determinado resultado exato de baterias, inversor, controlador de carga e a própria placa solar para o local escolhido. Finalizando com a aplicação do sistema fotovoltaico no local proposto, causando reduções tanto de custos quanto de sustentabilidade.

Palavras-chave: Sustentabilidade; fluxo intenso; sistema off grid.

1. INTRODUÇÃO

Em constante evolução e com o aumento exponencial da humanidade, a busca por fontes alternativas para produzir de energia é prioridade dos recursos humanos (CAU/AM, 2017). Uma maneira de solucionar os problemas com a falta de energia elétrica em um futuro próximo são as fontes renováveis e sua abundância no nosso planeta. Os semáforos em uma cidade onde há um fluxo acessível de carros, motocicletas, ônibus e caminhões, são essenciais para evitar acidentes, engarrafamentos e principalmente reduzir o fluxo congestionado em uma determinada área (SEMEF, 2018).

Com a implantação de placas solares no funcionamento de semáforos, identifica que a energia captada pelo o sol pode ser armazenadas através de um banco de baterias, sendo assim, tornando-a uma energia sustentável. Em relação ao custo e benefício das placas, não está acessível para a demanda de semáforos instalados, pois o alto custo requer que se tenha um investimento por parte do governo, a mesma precisa de manutenção preventiva e corretiva em determinados períodos, pois o equipamento é extremamente e com necessidade de um cuidado específico luz (GOETZE 2017).

Na cidade de Manaus a população atual é de aproximadamente 2.255.903 pessoas (IBGE, 2021). Até chegar a esse ponto, a capital passou por inúmeros processos de urbanização como um dos mais famosos foi o período da borracha na qual fez da cidade fez, com que pessoas do mundo inteiro e principalmente pessoas do norte e nordeste brasileiro fossem a procura de uma vida melhor. Outro ponto que contribuiu para a urbanização foi o projeto da Zona Franca que deu um salto tanto na economia (CAU/AM, 2017).

Segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), para gerenciar uma população seja ela pequena ou grande requer muitas leis e regras para controlar o fluxo da mesma. Aplicando dessa forma no dia a dia o ser humano necessita obedecer a algumas diretrizes para o bom relacionamento pessoal e social, atendendo aos requisitos de cada país. As leis de trânsito também funcionam dessa forma assim existe uma relação saudável entre pedestres e condutores, os exemplos são dados de acordo com faixas de pedestres, sinalizações entre elas os semáforos para garantir um fluxo controlado e urbanizado.

O sistema fotovoltaico ainda é um sistema que apesar de todas as aprovações da ANEEL apresenta um alto preço para sua instalação, logo que, sua manutenção pode demorar a acontecer (ANEEL, 2012). Existem 3 tipos de manutenção que é a preventiva, preditiva e corretiva. Da mesma maneira funciona para os semáforos.

A bateria que permite o sistema operar fora da rede, sem a necessidade de uma rede externa, também foi considerada para o funcionamento da interrupção do semáforo por horas, garantindo então está funcionando mesmo em dias chuvosos.

O tema se deve por meio de que a energia solar é uma energia renovável, mediante a isso podemos tornar uma energia eficaz, causando assim a redução no consumo de energia elétrica, por serem independentes das linhas de transmissão e distribuição (ONS, 2019). Por ser uma tecnologia de alta precisão e recente no mercado abre um leque para a geração de emprego e renda de milhares de famílias. Diante do problema, objetivou-se aplicar as vantagens da energia solar em semáforos, visando reduzir fluxos intensos em dias de chuva ou apagões na região, pois ao mesmo tempo opera ininterruptamente, trazendo assim uma redução nos cofres públicos e melhorando o tráfego de automóveis (INPE, 2017).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Com o foco na sustentabilidade e na importância de ter uma energia limpa e renovável é de extrema urgência promover o aproveitamento de todas as formas de energia, desde que seja eficiente a nível planetário pois será uma realidade num futuro não muito distante. A pesquisa foi realizada de forma descritiva, na qual se estuda o funcionamento de uma luz de sinalização através de energia solar. O processo foi realizado indiretamente por meio de pesquisas e artigos relacionados ao projeto.

A pesquisa de campo foi apoiada por observações e pesquisas que conclui que o local estudado não pode ficar sem energia, pois o fluxo de é muito importante, para que a parada dos semáforos causado por uma queda de energia resultaria em uma falta de controle do tráfego, colocando em perigo a vida não apenas dos motoristas, mas também dos pedestres. Ou seja, a pesquisa é qualitativa onde o ambiente está diretamente relacionado à fonte do estudo.

O local selecionado para a elaboração da pesquisa foi uma avenida essencialmente movimentada na cidade de Manaus, situada na Zona Norte da capital do Amazonense.

A Av. Torquato Tapajós, tem cerca de 12 km de comprimento é a principal via de ligação das Zonas Norte, Leste, Sul, Oeste, Centro - Sul e Centro - Oeste, sobretudo em seus horários de pico pela parte da manhã que é de 7:00 às 10:00hrs e ao entardecer adentrando ao anoitecer de 17 às 18:30 horas, necessitando severamente do bom funcionamento dos semáforos e faixas de pedestres.

O ponto selecionado para a execução das atividades da pesquisa foi um trecho de 5km, principalmente no momento em que há um grande fluxo de carros em que transitam pelo local.

Com o auxílio do software SOLergo 2018, foi possível realizar dimensionamentos completos de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Este já possui uma gama de sistemas operacionais, com toda a regulamentação tributária brasileira, incluindo tarifas locais convencionais, compensação de energia, o dimensionamento dos dados do ATLAS brasileiro onde era para determinar o nível de irradiação anual e mensal. Para análise de orçamentos foi utilizado o Microsoft Excel.

Foi usado também o simulador NEOSOLAR, que é uma calculadora desenvolvida para dar um suporte inicial às pessoas que tem dúvidas sobre a utilização de um sistema solar. O objetivo principal é dar em poucos segundos uma dimensão de qual o porte do sistema para atender cada necessidade e consumo de energia e também já dar uma ideia dos ganhos e benefícios possíveis ao trocar a energia convencional pela energia solar. Os resultados da calculadora são precisos o suficiente para atender estes objetivos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante de todo o contexto exposto ao longo do artigo, será possível mostrar a diferença entre os sistemas conectados e isolados na rede elétrica, apontando as suas características e finalidades.

3.1. CUSTOS DO MATERIAL

Para determinar um projeto viável, é necessário fazer um levantamento do material necessário e analisar sua eficácia no local. Para ANDRADE (2020, p.10) o

planejamento é o primeiro passo para obter um orçamento realista em curto, médio e longo prazo e atempar suas diretrizes em seus custos. Foi utilizado o simulador NEOSOLAR, como mostra a Figura 1.

Figura 1: Experimento no simulador NEOSOLAR



Fonte: Autores (2022)

A Figura 1 mostra que foi possível determinar a sua potência (W), Watt- hora por dia (Wh/d), e o total de horas de sol equivalentes necessário para suprir o sistema, com isso, possibilitado determinar a placa solar adequada para o semáforo.

A Tabela 1 mostra os valores orçamentais semelhantes à do mercado, pois o mesmo vem sofrendo variações constantes no seu preço devido à sua grande procura.

Tabela 1: Materiais necessários para composição do semáforo solar

Materiais	Valor unitário	Quantidade
Painel Fotovoltáico 90 w	1	R\$ 470
Controlador de carga 10 12/24v	1	R\$ 60
Inversor DC para AC 12v 110/220v	1	R\$ 209
Bateria 93Ah	1	R\$ 606
Semáforo 3 cores led 27 w	1	R\$ 1.600
Cabo multipolar 2x2 - 6mm ²	12	R\$ 10
		Total = R\$ 2.955

Fonte: Autores (2022)

Para inclusão da placa fotovoltaica foi realizado o dimensionamento de acordo com as condições atmosféricas do local, com o intuito de determinar sua eficácia, juntamente com o banco de baterias que foram considerados a autonomia do sistema, ou seja, o número de dias que a mesma deveria suprir a demanda energética sem a necessidade da carga dos painéis solares e a profundidade de descarga, que é fator primordial para determinar de sua vida útil.

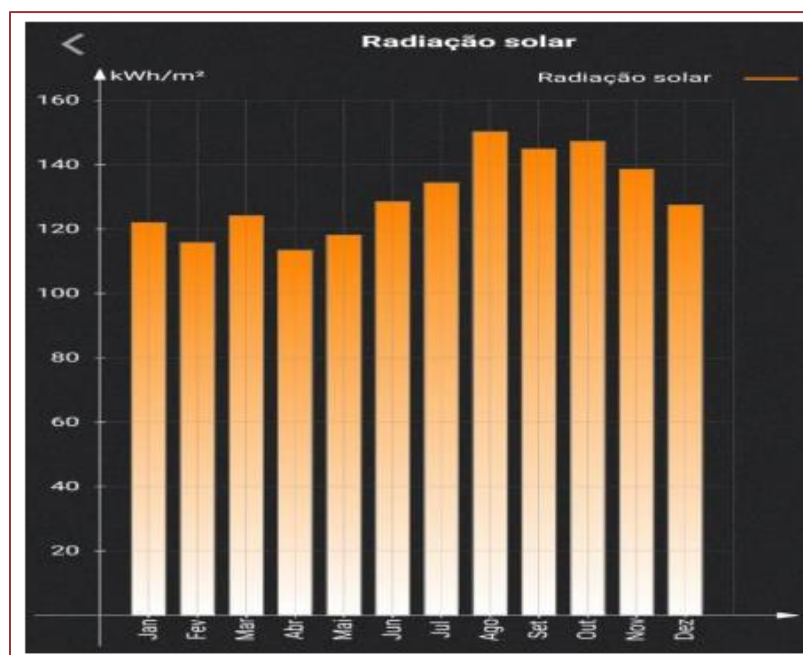
O dimensionamento teve como parte de demonstrar as características do semáforo em relação a sua aplicação, desde modo é necessário que tenha um semáforo, uma base metálica que passa todo o cabeamento, o módulo fotovoltaico, o controlador de carga, a bateria e o Inversor.

Tendo a viabilidade de reduzir os custos de mão de obra, manutenção à curto prazo e a sustentabilidade em um momento de necessidade de encontrar soluções para atender a demanda.

3.2. ANÁLISE CLIMÁTICA

No estado do Amazonas o clima é úmido e quente, com 6 meses de chuvas e meses de muito sol, que são determinadas como épocas de cheia e épocas de vazante do Rio Amazonas (INMET, 2020). Entretanto para achar o conceito simples de horário de pico na capital amazonense, foi necessário o embasamento no gráfico de radiação solar ao longo do dia utilizando a latitude e longitude da cidade e região conforme a Figura 2.

Figura 2: Radiação solar do software SOLergo 2018



Fonte: Autores (2022)

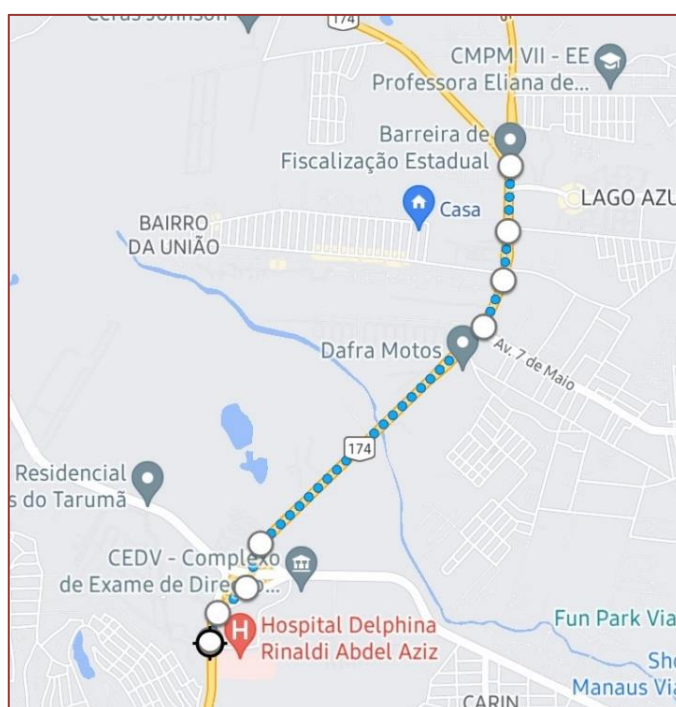
Com base na Figura 2 foi possível determinar a aplicação do projeto, pois, a quantidade de kWh/m² é superior ao necessário no semáforo com base a inclinação do

ângulo para melhor captação desses raios, assim como sabendo que a melhor orientação é volta a linha do equador no qual concentra-se a maior produção de luz (GOETZE 2017).

3.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Desta rodovia, foi preciso selecionar 5km para simular a implementação do sistema pois o mesmo precisa ser de fácil acesso a sua instalação e grande radiação solar no local. O local encolhido para análise foi da Barreira de Fiscalização Estadual até o Hospital Delphina de Rinaldi Abdel Aziz como mostra a Figura 3.

Figura 3: Local do estudo identificado por uma faixa azul



Fonte: Google Maps (2022)

Conforme os estudos realizados neste trecho como mostra na Figura 3, distância representada contém 5 semáforos padrão concessionária, onde é possível implementar o sistema off grid, sem alterações na sua estrutura metálica (ONS, 2019). Deste modo, é necessário que as placas solares escolhidas, estejam fixadas acima dos semáforos. De ante desses fatores, para a realização da atividade, é preciso que todos os cabeados estejam interligados aos equipamentos fotovoltaicos por dentro da sua base metálica, para que o inversor possa transformar energia solar em elétrica. O custo total da suposta instalação do sistema é demonstrado através dos cálculos a seguir:

$$\text{Custo Total} = (\text{Valor unitário semáforo solar}) \cdot (\text{quantidade de semáforos})$$

$$\text{Custo Total} = (2.955,00) \cdot (5)$$

$$\text{Custo Total} = 14.775,00 \text{ reais}$$

Uma vez que o sistema fotovoltaico for acionado, permitirá a geração de energia elétrica por parte do dia, onde a mesma será armazenada através da bateria proposta, para que no período da noite o semáforo funcione normalmente (ONS, 2019). Em casos de interrupção de energia elétrica por manutenções ou racionamentos, a bateria suporta sem energia elétrica, tempo suficiente para que o problema seja resolvido o mais rápido possível, levando em consideração que foi preciso também calcular a corrente do sistema como são mostrados a seguir:

$$I = \frac{P_{se}}{T_{entrada}}$$

$$I = \frac{27}{12} = 2,25 \text{ A}$$

onde,

I = corrente do sistema (A)

P_{se} = Potência do semáforo (W)

$T_{entrada}$ = Tensão de entrada do controlador

Desta forma, foi possível determinar o tempo estimado para cada semáforo solar conforme os cálculos a seguir:

$$\text{Tempo estimado} = \frac{\text{amperagem da bateria}}{\text{amperagem calculada do sistema}}$$

$$\text{Tempo estimado} = \frac{93 \text{ Ah}}{2,25 \text{ A}}$$

$$\text{Tempo estimado} = 41,33 \text{ horas} \cong 41 \text{ horas}$$

Conforme as informações obtidas através dos cálculos, o estudo se mostrou satisfatório mediante ao local escolhido. Além de proporcionar mais segurança no trânsito e aos pedestres, foi possível mostrar que com a implementação do sistema, os semáforos podem funcionar com êxito até um determinado tempo, enfatizando que a energia solar é uma das tecnologias a ser investida pois é limpa e renovável, sem poluições ambientais como também pode evitar impactos futuros negativos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Implantando o projeto apresentado foi possível dar um início a um grande avanço da energia solar no mundo, a necessidade por uma fonte de energia é essencial, assim como encontrar novas formas dessa produção energética. Saber fazer um levantamento de dados, é primordial em um espaço no qual o engenheiro precisa se destacar no mercado.

O fator primordial de um engenheiro eletricitista no mundo é solucionar problemas causados por um sistema energético sobrecarregado, ter o conhecimento abrangente de todos os setores é imprescindível para um bom levantamento de dados para evitar assim, gastos, atrasos ou acidentes. O foco deste artigo teve como propósito demonstrar a aplicação de uma fonte alternativa de energia em semáforos e reduzir o fluxo de automóveis, apesar de ser um valor de investimento considerado alto, demonstrou-se eficaz no decorrer da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] ANDRADE, I. R.; SILVA. Orçamento empresarial e planejamento estratégico / Inacilma Rita Silva Andrade. - Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis; Superintendência de Educação a Distância, 2020. 92 p. : il. Acesso em: 18 de set 2022.
- [2] ANEEL Resolução N°482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e mineração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. ANEEL, 2012b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2022.
- [3] CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO – CTB – LEI N° 9.503, DE 23 DE SETEMBRO DE 1997. Acesso em: 15 out 2022.
- [4] CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO (CAU/AM) - Análise do desenvolvimento urbano de Manaus. 2017. Acesso em 16 de out 2022.
- [5] GOETZE, F. Projeto de microgeração fotovoltaica residencial: estudo de caso. 2017: Acesso em 16 de out 2022.
- [6] IBGE.GOV: Panorama INMETRO
[HTTPS://CIDADES.IBGE.GOV.BR/BRASIL/AM/MANAU/S/PANORAMA INMETRO](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/panorama-inmetro), “Portaria 396,” INMETRO, Brasília, 2008. Acesso em: 18 de set 2022.
<https://www.neosolar.com.br/aprenda/orcamento/a-calculadora-solar-da-neosolar-e-confiavel>.
- [7] INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas 1991-2020. Acesso em: 18 de set 2022.
- [8] INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). Censo Escolar, 2017. Brasília: MEC, 2018. JANUZZI, Paulo. Acesso em: 18 de set 2022.
- [9] ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Capacidade instalada no SIN: 2020/2024. 2019: Acesso em: 13 out 2022.
- [10] PREFEITURA MUNICIPAL DE MANAUS (SEMEF) - PROJETO DE LEI 167/2018. Disponível em: https://sapl.cmm.am.gov.br/media/sapl/public/materialegislativa/2018/2181/projeto_de_lei_167_2018_2. Acesso em : 20 de out de 2022

Capítulo 7

Adequação da instalação elétrica de uma instituição de telemática

Marcos Paulo da Silva Leite

Livia da Silva Oliveira

Kate Suellen Gemaque Mota

Arthur Rodrigo do Nascimento Silva

Resumo: A adequação elétrica dá-se pela necessidade quando há aumento de demanda do consumidor, aumento de equipamentos, mudança na subestação ou atualização de projeto conforme concessionária local, para isso, o presente trabalho retrata os principais motivos que causaram o aprimoramento de projeto, tornando a cabine de medição adequada suficiente para suportar a nova demanda que a empresa de telemática teve, o que torna especial, são os fatores que causavam interrupção na linha de fornecimento de energia que com a atualização da planta, melhor material condutor e recursos, puderam tornar essa instituição financeira ativa com fornecimento de dados ininterruptamente.

Palavras-chave: Adequação; elétrica; concessionária.

1. INTRODUÇÃO

A adequação elétrica de uma empresa, parte do princípio de tornar a instalação elétrica, capaz de suportar a demanda de consumo, além de, proporcionar conforto, qualidade e segurança. A proteção da integridade física de uma pessoa que irá trabalhar no local, seja na cabine de medição, ou diretamente na subestação elétrica, é um trabalho de suma importância, por conta disso, deve ser feito sempre um projeto para maior segurança, visto isso, o papel do Engenheiro Eletricista faz-se necessário quanto a esquematizar o processo da adequação, verificar a carga e a demanda, os melhores materiais para serem usados, a melhor tecnologia, além de fazer sempre seu projeto, estar em conformidade com as NBR, por exemplo, a norma brasileira de instalações elétricas de baixa tensão (NBR 5410) e também a norma regulamentadora, NR 10, que trata de segurança em instalações e serviços em eletricidade.

Para Lima (2019), a principal exigência para o uso da energia elétrica, em conformidade com a NBR 5410, a instalação elétrica deve estar adequada suficiente para proporcionar segurança, além de cumprir todos os requisitos para que haja bom funcionamento dos equipamentos, para o seu uso correto e assim, manter um funcionamento correto.

Muitos acidentes podem ocorrer em uma instalação elétrica mau dimensionada, segundo Clarisse Barboza (2021) os acidentes estão atrelados a negligência, a falta de responsabilidade por parte de um engenheiro eletricista poderá ocasionar em acidentes, danos materiais, equipamentos queimados, incêndios nas instalações, ou até mesmo danos físicos, como choques elétricos ou lesões mais graves.

Uma Instituição de telemática que está crescendo na Amazônia, vem tentando fornecer conforto e segurança no que diz respeito a tecnologia e informação, elevando suas capacidades até os maiores interiores do Amazonas, abrangendo também áreas como Acre, Rondônia, e Roraima, tendo como principal interesse, atividades de tecnologia e comunicação voltadas para o desenvolvimento das áreas de maior dificuldade de acesso a rede no Norte do país. As instalações desta Instituição transcendem o espaço físico de Manaus, se fazendo presente em toda a Amazônia Ocidental, desenvolvendo a comunicação e integrando áreas mais difíceis a rede de acesso restrito, possibilitando, assim, a superação das barreiras físicas desta Amazônia Brasileira no que se refere ao acesso e à inclusão digital desta região.

Conforme vai se desenvolvendo, vai havendo a necessidade do aumento de demanda, para isso, um projeto de adequação elétrica foi solicitado para que, a empresa possa desempenhar seus trabalhos e cumprir seus objetivos com uma boa economia de energia, além de proporcionar maior segurança conforto para os trabalhadores daquela empresa. Começando pela alimentação elétrica da Divisão de Operações, que se encontra incapaz de atender plenamente a demanda exigida, assim sendo necessário a adequação da alimentação advinda da subestação mais próxima.

Também há necessidade do aumento da confiabilidade da linha de média tensão, visto que existem cargas que devem ser alimentadas ininterruptamente, além da regularização da cabine para uma atual carga. Anteriormente, o local foi projetado e dimensionado para uma carga inferior à 300kVA, com o desenvolvimento crescente, maiores tecnologias e expansão dos produtos, houve uma maior necessidade de aumento de demanda, sendo assim, uma adequação fez-se necessária, atualmente está carga evoluiu para 375kVA (150+112,5+112,5), justificando sua adequação, conforme a concessionária local.

A instituição conta com data-centers dedicados a uma rede restrita, justificando a importância de manter-se operante de forma contínua, devido à importância desta organização para manter o elo de comunicação entre outras instituições no Norte com o resto do Brasil, é essencial um fornecimento de energia elétrica com qualidade e continuidade, tornando assim, relevante a manutenção elétrica do local. A necessidade de adequação da infraestrutura elétrica dá-se pelo fato de que algumas instalações atuais não estão dimensionadas corretamente ou não apresentam um nível de proteção satisfatório, o uso contínuo das instalações elétricas precárias pode ocasionar danos aos equipamentos, às edificações e aos usuários.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para atender aos objetivos deste projeto, inicialmente realizou-se uma análise no local, verificado a cabine de medição, os problemas com a fiação que passava pela selva, o aumento da demanda no fornecimento de energia, para que assim, pudesse projetar de forma a atender à solicitação da empresa.

Este projeto foi feito usando o software da Auto QI, o QI Elétrico, que traz uma forma simples, porém completa, na elaboração de projetos de grande estrutura. De acordo com Bruno (2021) o programa é ótimo por trabalhar em conformidade com a NBR 5410, ajudando no cálculo e dimensionamento, o posicionamento das tomadas, a distribuição dos pontos de luz, além facilitar no posicionamento dos condutos, fiação e principalmente no balanceamento das fases, vale ressaltar também, que serve muito para o âmbito nacional, pois o software trabalha de acordo com as normas nacionais.

O Projeto de adequação serviu para sanar os problemas de interrupção do fornecimento de energia por conta de chuvas, galhos e animais no local da linha de transmissão, além de proporcionar mais conforto e confiabilidade na cabine de medição, implementando um maior espaço e dimensionamento dos cabos de energia no quadro, para o projeto básico, foram usadas as NBR's e NT's estipuladas pelo Governo Federal, além das resoluções ainda vigentes, usando uma planta arquitetônica já existente, o dimensionamento no software da Alto QI ficou mais fácil.

O projeto tem como característica, adequação, pois a empresa já tinha uma boa estrutura elétrica, porém, por ampliar sua demanda, atendendo aos principais órgãos institucionais no Norte do país, por determinação no que diz respeito a concessionária local, deve-se haver uma adequação na cabine de medição para que suporte o aumento da carga, além de proporcionar melhor confiabilidade no quesito segurança. Portanto, foi utilizado também, as normas do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e as normas ISO nº 14.000 da Organização Internacional para a Padronização (International Organization for Standardization), relativas a sistemas de gestão ambiental. Na elaboração da planta, para a ligação do grupo geradores (G02 e G03) ao QTA, foi utilizado conforme ABNT NBR 13897 e 13898, eletroduto flexível corrugado PEAD, DN 90 (3"), para aplicação subterrânea das fiações dos geradores aos respectivos quadros, além de disjuntores termomagnéticos tripolares em caixa moldada de 500 a 600A de 600V para instalação, também os de 300 a 400A de 600V, para proteção do G3. Para as fiações, foram projetados conectores de pressão do tipo terminal, para cabo de 120 mm², feito com liga de cobre de alta resistência mecânica, usado nesse caso para conexão aos disjuntores.

O principal problema quanto ao aumento da demanda, é dimensionar a cabine de medição para que possa receber a quantidade de carga necessária, de forma que possa suprir com segurança a necessidade da empresa. Portanto, deve-se haver uma adequação, tendo em vista a mudança na demanda, que antes era de 270 KVA, passando agora a ser 375 KVA, um aumento de 105 KVA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 mostra como as instalações estavam antes do projeto, o mobiliário de equipamento específico da adequação, para que se possa ter um comparativo de como ficou após a adequação, junto com as características especiais, as quais irão dizer se está em conformidade com a concessionária ou não.

Quadro 1: Ambientes da empresa e suas necessidades de adequação

Nome do Ambiente	Tamanho da Adequação	Mobiliário equipamento específico da adequação	Características Especiais.
Cabine de medição	9,00 m ²	Materiais de Alta Tensão	Não conformidade com a Amazonas Energia
Linha área de alta tensão	706,6 m ²	Cabo de alumínio NU para condução de média tensão	Conformidade com a Amazonas Energia (apresentando problemas de condução por fatores naturais)
Alimentação da D.O	52,10 m ²	Cabo de cobre flexível subterrâneo	-
Quadro do TR01	1 un	Adequação da mureta	Materiais antigos defasados
Geradores G01 e G03	2 un	Alimentação inativa	Inoperante

Fonte: Autores (2022)

Já na Quadro 2, com base no projeto elaborado, mostra-se uma tabela com resultados alcançados dentro dos principais ambientes os quais foram projetados. O principal objetivo era a cabine de medição ser adequada, a linha de área de alta tensão, as alimentações do departamento de operações, além do quadro e os geradores, que passarão a corresponder positivamente com a Amazonas Energia.

Atualmente, o local possui em seu condomínio uma rede elétrica de média tensão de 13.8 kVA, a qual percorre por trechos na mata, desta forma o fornecimento de energia elétrica não ocorre de forma continuada devido à problemas como: galhos e quedas de árvores na rede elétrica, uns dos principais motivos pelas ocorrentes faltas de energia, ocorrendo principalmente em período de chuvas em Manaus.

Quadro 2: Ambientes da empresa com suas adequações finalizadas

Nome do Ambiente	Tamanho da Adequação	Mobiliário equipamento específico da adequação	Características Especiais.
Cabine de medição	12,00 m ²	Equipamentos de medição e proteção em AT	Conformidade com a Amazonas Energia
Linha área de alta tensão	706,6 m ²	Cabo de alumínio protegido	Conformidade com a Amazonas Energia
Alimentação da D.O	54,86 m ²	Cabo de cobre flexível subterrâneo	Conformidade com a Amazonas Energia
Quadro do TR01	1 un	Adequação da mureta	Novo cabeamento interligando e operando
Geradores G01 e G03	2 un	Nova Alimentação	Operante

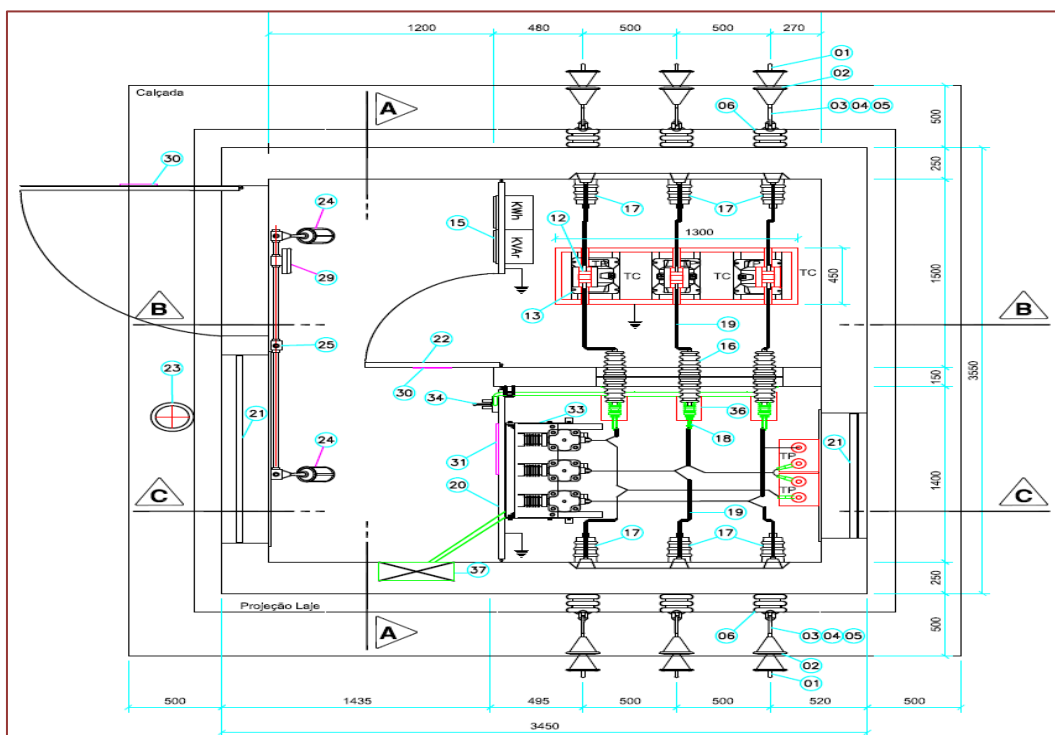
Fonte: Autores (2022)

Dito isso, o que atenuaria a situação será a substituição dos cabos nus da rede de média tensão por cabos protegidos. Outro ponto negativo está na cabine de medição, pois a mesma foi originalmente projetada para atender até 270 KVA, hoje a realidade é outra, atualmente está atendendo duas subestações de 112,5kVA e uma de 150kVA, excedendo os 300 kVA, e conforme a concessionária local, quando ultrapassada a carga instalada de 300kVA (Norma Técnica - MPN-DC-01/NDEE-01-Amazonas Energia), faz necessário a adequação da cabine de medição. Na área da cabine de medição, a carga evoluiu para 375 kVA, na área da linha aérea de alta tensão, por conta da importância da continuidade do funcionamento, para a redução de interrupções de fornecimento devido a ação das arvores combinada com as chuvas, foi projetada a substituição da atual rede de alumínio nu pela rede protegida.

No local da alimentação da D.O (Divisão de Operações), encontram-se subdimensionadas, e não acordo com a TABELA 1 da NORMA TÉCNICA DE FORNECIMENTOS DE ENERGIA ELÉTRICA EM MÉDIA TENSÃO (NDEE-01), sendo assim, foi projetada uma nova alimentação e novo quadro. Quanto a mureta da subestação, atualmente a subestação conta com um quadro extremamente antiquado e danificado, sendo necessário um novo para proteção adequada dos circuitos. Além também do Grupo Geradores, o G02 e o G03, que estavam incapazes de fornecer toda a potência, tudo porque o G02 de 150 kVA, o cabeamento de ligação ao respectivo QTA encontrava-se subdimensionado, sendo necessário o aumento da seção de condutores, quanto ao G03 de 80 kVA, estava desinstalado, assim sendo necessário uma ligação ao QTA existente.

A Figura 1, mostra a planta baixa de como ficou dimensionada a cabine de medição, o projeto foi elaborado usando o Software da Alto QI, fazendo com que a cabine de medição fosse adequada para que pudesse proporcionar segurança e conforto para os funcionários que ocupam a seção, mostra os pontos de grampo de tensão, os isoladores de suspensão para distribuição, isoladores de pedestal, transformadores, todo equipamento assegurado e em conformidade com as normas para que a planta possa atender a nova demanda que a empresa necessita.

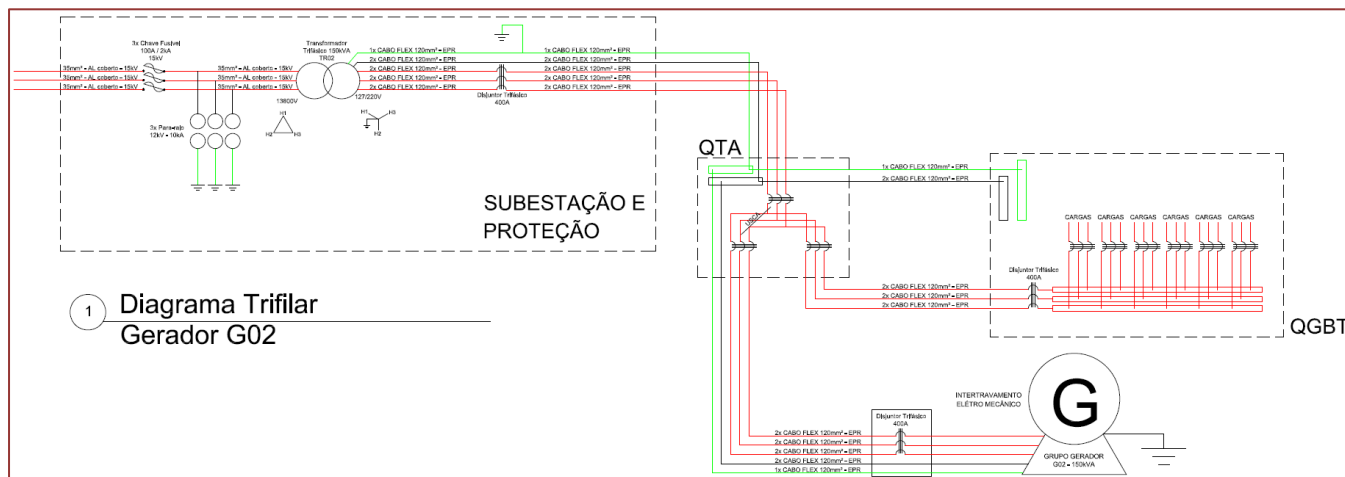
Figura 1: Planta baixa da cabine de medição



Fonte: Autores (2022)

A Figura 2 mostra o diagrama trifilar para nova ligação do Gerador G02, sendo dimensionado substituindo o cabo que liga o gerador 02 ao QTA 02, além da troca com disjuntor por um de 400 A para que suporte a demanda da empresa. Antes a ligação estava subdimensionada, com cabeamento de cobre 120 mm² por fase e disjuntor de 175 A, de acordo com Matheus Cabral (2018), todo sistema de proteção necessita de dispositivos básicos, colocando um disjuntor por exemplo como o principal meio de inibir problemas como sobrecarga, sobrecorrentes, sobretensões, problemas que são gerados pela excessiva corrente e tensão.

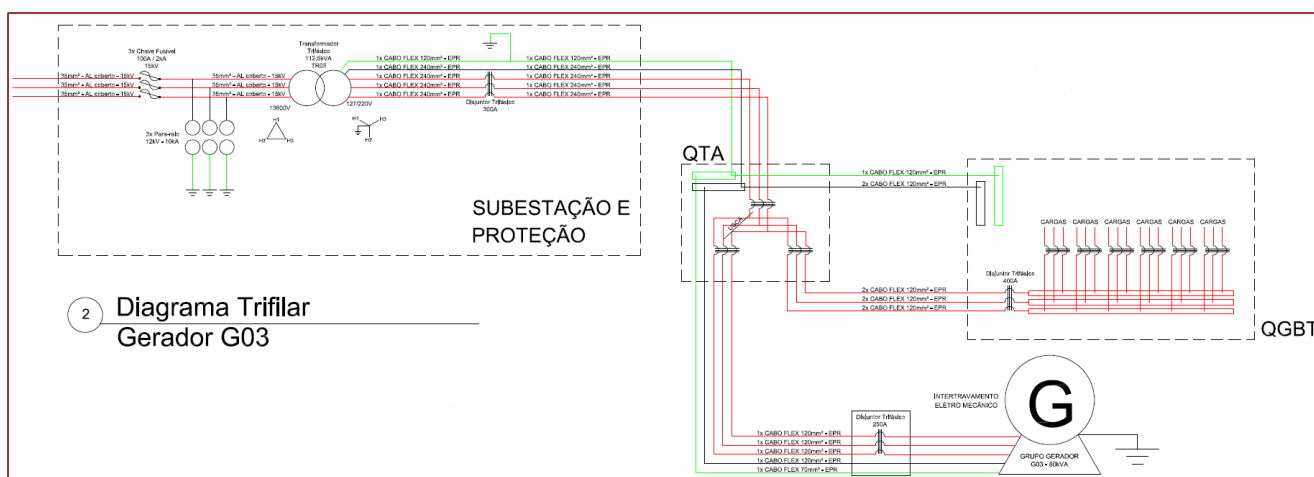
Figura 2. Diagrama Trifilar (Gerador G02)



Fonte: Autores (2022)

A ligação do transformador de 112,5 KVA (TR03) estava subdimensionada, com cabeamento de cobre de 120 mm² e disjuntor de 200 A, de acordo com a Figura 03, o diagrama trifilar do Gerador G03, foi feita a remoção dos cabos subdimensionados e instalação de disjuntor com o dimensionamento correto. O Gerador G03 antes não havia ligação com o QTA 03, por conta disso, não era utilizado para fornecimento de energia. Com a adequação, em conformidade com a concessionária, o G03 está em pleno funcionamento com novo cabeamento e Disjuntores bem dimensionados.

Figura 3: Diagrama Trifilar (Gerador G03)



Fonte: Autores (2022)

Quanto ao cabeamento da alta tensão que cometia quedas no fornecimento por questões naturais, como animais, árvores etc, causando a interrupção no fornecimento de energia por parte da concessionária, foi dimensionado de forma a ter cabos NU protegidos em vergalhão Cu Nu de 3/8, em uma bucha de passagem 15 KV, Sampaio (2020) diz que a bucha de passagem deve possuir seus terminais, as de uso interno, contidos em ambientes

abrigado para assim serem protegidas de intempéries, no caso as do projeto, foram contidas dentro da cabine de medição de forma externa, apresentando seus terminais ao tempo, quanto as de uso interno, protegidas, foram contidas para evitar exposição ao mau tempo, entrando em conformidade ao que foi estudado por Sampaio.

Conforme a Figura 4, o diagrama unifilar da subestação representa o dimensionamento da cabine de medição. O cabeamento na alta tensão chega na subestação por cabos Nu protegidos, para minimizar impactos naturais que possam causar a interrupção do fornecimento de energia, em conformidade com a concessionária, o projeto teve sua execução sanando um dos principais problemas que a instituição econômica havia tido.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A empresa apresentava muita insatisfação com seu sistema elétrico, ao aumentar sua demanda, tornou-se de carácter emergencial a adequação da sua subestação, além do ligamento dos geradores que não estavam operando, tendo em vista que a empresa trata de trabalhar com dados, fornecimento de rede, a expansão para uma vasta área da Amazônia tornou a importância do projeto de suma necessidade.

A instituição de telemática está crescendo na Amazônia, tentando fornecer seu produto para toda a região norte, pois trata de tecnologia da informação, que não pode ter interrupções no seu abastecimento de energia e como estava subdimensionada, o projeto de adequação serviu para suportar o aumento de demanda por parte da subestação, além de trocar os cabos Nu da Alta que forneciam energia da concessionária para a empresa.

Com a adequação, hoje está operando sem nenhum problema, cumprindo o objetivo principal do projeto, de adequar a instituição de forma a proporcionar, além de fornecimento ininterrupto, segurança e conforto para os funcionários, principalmente, os que operam a subestação. O projeto proporcionou ainda, êxito na execução, permitindo com que a melhoria no sistema elétrico da empresa torna-se efetivo.

Todo o projeto foi feito em conformidade com a concessionária local, que por sua vez, avaliou o produto, dando aval para a execução, seguindo todos os protocolos de segurança, o G01 e G03 estão operantes e bem dimensionados com cabeamentos novos ligados ao QTA existente, além de disjuntores padrões, conforme o diagrama trifilar, gerando energia de forma que a empresa possa sempre estar despreocupada com a queda de energia.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5111 Fios de cobre nus, de seção circular, para fins elétricos. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/245/abnt-nbr5111-fios-de-cobre-nus-de-secao-circular-para-fins-eletricos>. Acesso em: 8 set. 2022.
- [2] ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5361 Disjuntores de baixa tensão. Disponível em: <https://intranet.ifs.ifsuldeminas.edu.br/eder.clementino/GEST%C3%83O%20AMBIENTAL/>
- [3] ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7118 Disjuntores de alta tensão. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/349/abnt-nbr7118-disjuntores-de-alta-tensao>. Acesso em: 16 set. 2022.
- [4] ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410 Instalações Elétricas de baixa tensão. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br>. Acesso em 6 set. 2022

- [5] ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14039 Instalações Elétricas de média tensão de 1,0 a 36,2 KV. Disponível em: https://www.inesul.edu.br/site/documentos/instalacoes_eletricas_residenciais/normas/nbr_14039_instalacoes_eletricas_media_tensao.pdf. Acesso em: 7 set. 2022.
- [6] ANNES, B. P.; CUPERSCHMID, A. R. M.; GUIMARÃES FILHO, A. B. BIM para Projeto de Sistemas Elétricos Prediais de Baixa Tensão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. Anais [...] Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-13. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/568>. Acesso em: 15 out. 2022.
- [7] CABRAL, Mathes Macedo Cunegundes. Blecautes em sistemas de energia elétrica: um levantamento das principais causas. São Luís. Ano 2018. Disponível em: https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/2_433/1/MatheusCabral.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.
- [8] ENEL. Fornecimento de energia elétrica em alta tensão – 138-69 KV. Disponível em: <https://www.eneldistribui.cao.com.br/rj/documentos/CNC-OMBR-MAT-19-0407-EDBR-Fornecimento%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20em%20Alta%20Tens%C3%A3o%20-138-69%20kV.pdf>. Acesso em: 7 set. 2022.
- [9] GERENCIAMENTO%20AMBIENTAL_6%20GA/GERENCIAMENTO%20AMBIENTAL/NORMAS%20BRASILEIRAS%20REGULAMENTADORAS/NBR%2005361. Acesso em: 8 set. 2022.
- [10] IMPRENSA NACIONAL. Resolução Normativa ANEEL N° 1.000, DE 7 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>. Acesso em: 6 set. 2022.
- [11] JARDIM, Guilherme de Camargo. Projeto de adequação da instalação. Itapeva/SP. Ano 2021. Disponível em: http://www.fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/Zy76ailecqyXjUM_2021-8-30-15-30-6.pdf. Acesso em: 15 out. 2022.
- [12] MAURÍCIO, Clarisse Freire Barboza. Adequação de instalações elétricas às normas vigentes: Estudo de caso. Campina Grande. Ano 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/27613/1/CLARISSE%20FREIRE%20BARBOZA%20MAUR%C3%8Dcio%20-%20TCC%20ENG.%20EL%20C3%89TRICA%20CEEI%202021.pdf>. Acesso em: 15 out. 2022.
- [13] SAMPAIO, Rodrigo Duarte. Subestação de energia elétrica: metodologia e dimensionamento para uma planta elétrica industrial. Manaus. Ano 2020. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/5840/1/TCC_RodrigoSampaio.pdf. Acesso em: 16 nov. 2022.
- [14] SOUZA LEÃO ENGENHARIA. Por que é importante fazer uma instalação elétrica guiado em um projeto. Disponível em: <http://souzaleaoengenharia.com.br/wp/2020/09/09/instalacao-eletrica/>. Acesso em: 26 ago. 2022.

Capítulo 8

Estudo de proteção e seletividade: Adequação na subestação de média tensão (13,8KV) de uma indústria em Manaus-AM

*Noemi Cordeiro Queiroz
Livia da Silva Oliveira*

Resumo: As subestações tem um papel importante em todo o processo de transmissão e fornecimentos de energia elétrica, desde a sua geração até o seu consumo final. O funcionamento de uma subestação deve ser perfeito, sem falhas ou interrupções, diminuindo as perdas de potência e diminuindo as perdas econômicas. Com isso, faz-se necessário a manutenção preventiva e a proteção adequada. Esse artigo realiza o estudo de proteção e seletividade para adequação solicitada pela concessionária de energia local em uma subestação de média tensão de uma indústria em Manaus-Am. Nesse estudo de caso, foram realizados os cálculos de curto circuito da subestação e foram realizados os ajustes para as funções ANSI-50/50N, 51/N, 27, 59 e 67 do relé de proteção PEXTRON URP 6000.

Palavras-chave: Subestação; sistema elétrico de potência; energia elétrica; estudo de proteção.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um recurso fundamental para desenvolvimento econômico e qualidade de vida, e como estamos em constantes mudanças em diversos setores de nossas vidas, torna-se fundamental a manutenção contínua em como essa energia chega até seu consumo final.

A importância da energia pode ser observada a partir do seu papel que viabiliza todas as atividades que envolvem os seres humanos, sendo este um recurso indispensável para o progresso das sociedades. A história da energia elétrica fala por si própria, sendo utilizada desde sua criação até o presente momento.

Como principal forma de gerenciamento da organização no fornecimento de energia temos Sistema Elétrico de Potência – SEP. O SEP é um conjunto de equipamentos que operam de maneira coordenada com a finalidade de fornecer energia elétrica aos consumidores, dentro de certos padrões de qualidade, segurança e custos, com o mínimo de impacto ambiental.

Diante disso a realização da proteção de forma coordenada e seletiva do SEP se torna essencial para dar segurança ao sistema e para que as interrupções no fornecimento de energia elétrica sejam reduzidas, garantindo a confiabilidade e continuidade no suprimento de energia (COSTA, 2018).

Ainda sobre o sistema de proteção, que garante que a energia chegue de forma segura desde a geração, transmissão e distribuição até o consumidor final, temos “Outro ponto de destaque da proteção, são as subestações (SEs), as quais são responsáveis por controlar e direcionar o fluxo de potência, modificar grandezas e funcionar como ponto de entrega de energia para os consumidores.” (COSTA, 2018). Tendo a existência de uma subestação, faz-se necessário o estudo de proteção, analisando os níveis de curto-circuito, e seletividade da rede.

O sistema de proteção de uma subestação é o que garantirá que a subestação funcionará de acordo com o esperado, pois nele se encontra os dispositivos capazes de detectar falhas no sistema e isolar os trechos sem prejudicar o fornecimento de energia (NEGROMONTE, 2018).

Este artigo apresenta o estudo de curto-circuito e seletividade da proteção referente a uma subestação de uma indústria localizada na cidade de Manaus-AM. Este estudo trata-se de uma adequação solicitada pela concessionária local após vistoria técnica da mesma *in loco*.

O principal objetivo deste estudo foi calcular os níveis de curto-circuito trifásico, bifásico e fase-terra do lado de Média Tensão (13,8 kV), a partir dos valores de curto-circuito fornecidos pela concessionária local no barramento de 13,8 kV onde encontra-se dois transformadores de 13,8/0,38/0,22 kV de 1000 kVA e 225 kVA.

Em função destes valores de curto-circuito, foram determinados os ajustes das proteções de sobrecorrente de fase, neutro e terra, para os relés de proteção dos disjuntores de entrada 13,8 kV, para a proteção do cubículo geral de 13,8 kV (Entradas) e para os cubículos alimentadores (Saídas).

Para o estudo da proteção e seletividade, foi dimensionado para o Relé PEXTRON URP6000 as funções ANSI 51/50 (sobrecorrente de fase instantânea e temporizada), 51N/50N (sobrecorrente de neutro instantânea e temporizada), 27 (subtensão), 59 (sobretensão), 67 (direcional de sobrecorrente). A proteção diferencial do transformador também foi calculada para melhor performance e segurança no sistema elétrico.

Os critérios utilizados para a determinação destes ajustes basearam-se em normas ABNT NBR 14039, 6856 e IEC 61850, orientações técnicas de concessionárias, manuais de fabricantes e datasheets do dispositivo de proteção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma indústria situada da cidade de Manaus-AM, a potência instalada atualmente é de 1.225 kVA, sua demanda contratada junto a concessionária local é de 510 kW com tensão de atendimento em 13,8 kV. Em uma vistoria técnica realizada *in loco*, foi possível obter as informações da subestação, onde constam dois transformadores: tem-se as características do transformador de potência 01 (Tabela 1) e tem-se as características do transformador de potência 02 (Tabela 2).

Tabela 1: Transformador de potência 01 (TR-01)

Potência nominal	1000 kVA
Tensão nominal	13,8 kV – 380 V
Impedância de curto circuito projetada	5,75 % (1MVA – 75° C)
Grupo de ligação	Dyn1

Fonte: Autores (2022)

Tabela 2: Transformador de potência 02 (TR-02)

Potência nominal	225 kVA
Tensão nominal	13,8 kV – 220 V
Impedância de curto circuito projetada	5,00 % (1MVA – 75° C)
Grupo de ligação	Dyn1

Fonte: Autores (2022)

A modelagem do sistema elétrico para cálculo de curto-circuito foi feita levando-se em consideração os dados equivalentes do sistema da concessionária local no ponto de entrega do ramal 13,8kV na subestação da indústria em questão.

Com o valor da impedância percentual dos transformadores e considerando-se a sua conexão triangulo-estrela aterrada (13,8-0,38 kV e 13,8-0,22 kV) e a rede de 13,8 kV é interligada com outra fonte de geração de energia elétrica, foi elaborado o diagrama de impedâncias para a determinação das correntes de curto-circuito.

O neutro do secundário do transformador é aterrado através de um resistor de 19,9 Ω , 400 A, 10 s, para fins de limitação da corrente de curto-circuito fase-terra no lado 13,8 kV. Esta limitação é necessária devido as correntes de arco provenientes durante um curto fase-terra em casos de sistema solidamente aterrado.

Dados obtidos a partir da solicitação junto a concessionária local de Viabilidade Técnica de Fornecimento de Energia Elétrica para informar as Impedância de sequência (Tabela 3) e os níveis de curto-circuito (Tabela 4) no ponto de acesso para suprir as necessidades de dimensionamento das instalações, cujas características são as seguintes:

Tabela 3: Impedâncias de sequência reduzida no ponto de acesso (poste de referência)

Z1 (Ω)		Z0 (Ω)	
R1	X1	R0	X0
0,4428	1,1220	1,5458	5,0209

Fonte: Autores (2022)

Tabela 4: Níveis de curto-circuito (poste de referência)

TIPOS DE CURTO	I _{cc} (A)
I _{cc} 3 \emptyset	6.605
I _{cc} $\emptyset\emptyset$	5.720
I _{cc} \emptyset T	3.120
I _{cc} \emptyset T (40 Ohm)	195
I _{cc} \emptyset T (100 Ohm)	79

Fonte: Autores (2022)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os TC's (transformadores de corrente) foram dimensionados para suportar a corrente de carga e não sofrer efeitos de saturação nas condições críticas de curto-circuito, além de suportar os efeitos térmicos e dinâmicos das correntes de curto-circuito.

A corrente nominal primária do TC deve atender à corrente de carga prevista e à corrente máxima dos dois transformadores de potência previstos (1.225 kVA) 55,2 A.

Considerando que a carga nos circuitos secundários dos transformadores de corrente (relés, cabos, etc.) é bem menor que sua carga nominal, analisaremos um TC com uma relação de 450-5 A e classe de exatidão 10B50 – 12,5 VA (ABNT NBR 6856).

Para o relé PEXTRON-URP6000, considerando uma carga total de 0,25 VA / 5 A (para fase e neutro) e 6 m de condutores de cobre de 6 mm², temos (1):

$$\text{Impedância total} \rightarrow Z_{TOTAL} = Z_{FIAÇÃO} + Z_{RELÉ} + Z_{TC} \quad (1)$$

Para condutores de 6 mm² e 6 m de comprimento, temos $Z_{FIAÇÃO} = 0,02214 \Omega$. Do catalogo do Relé PEXTRON-URP6000, temos $Z_{RELÉ} = 40m\Omega$. E para a impedância do TC, considerando-se um TC com baixa reatância de dispersão, neste caso, apenas a resistência é importante e pode ser considerada com 20% da carga do TC. Assim, para o TC de classe 10B50 – 12,5VA que foi verificado, com impedância de carga nominal de 4,0 Ω , a resistência da carga nominal é de 2,0 Ω (obtido da tabela 10 da NBR-6856/2015), temos $Z_{TC} = 0,400 \Omega$.

Logo, a partir (1), temos:

$$Z_{TOTAL} = 0,4008 \Omega$$

Considerando a máxima corrente de curto-circuito possível do lado 13,8kV, temos $I_{CC} = 73,38A$. Para a tensão se saturação, temos $V_{SATURAÇÃO} = 30V$ e potência aparente, temos $S_{CARGA} = 7,5VA$.

Para o critério de proteção dos circuitos e equipamentos, foram calculadas as correntes de magnetização dos circuitos e equipamentos, a partir de (2) e (3).

$$I_n = \frac{P(kVA)}{\sqrt{3} \times V_{ff}(kV)} \quad (2)$$

$$I_{INRUSH} = I_n \times 14 \quad (3)$$

Para o transformador de potência 01 (TR-01) (Tabela 1), temos $I_n = 41,88 A$ e $I_{INRUSH} = 637 A$ com duração de 100 ms.

Para o transformador de potência 02 (TR-02) (Tabela 2), temos $I_n = 9,42 A$ e $I_{INRUSH} = 132 A$ com duração de 100 ms.

Foram feitos os ajustes para as funções do Relé PEXTRON URP 6000, RTC (relação do transformador de corrente) = 450-5 e RTP (relação do transformador de potência) = 13,8/R3 kV – 220/R3 V. A corrente nominal do enrolamento primário dos TC's foi definida em função da demandada contratada de 510 kW (23,20 A).

Visando a padronização das funções dos relés, foi criada uma tabela pelo American National Standards Institute (ANSI) com o código da função das proteções. Serão descritas as principais funções dos relés de proteção (FRADE, 2016).

3.1. FUNÇÃO ANSI-51 – SOBRECORRENTE TEMPORIZADO

A corrente de partida foi ajustada em 35 A primários, 1,5 vezes maior que a demanda, por boas práticas. Desta forma, a sobrecarga será a somatória das correntes de inrush dos transformadores (13,8 kV).

A curva de tempo muito inverso, foi ajustada para manter-se seletiva com as proteções à montante e a jusante, considerando-se um intervalo de coordenação no mínimo de 200 ms entre duas proteções de sobrecorrente consecutivas. Logo, o ajuste proposto na Tabela 5 para coordenação entre o relé de entrada (RL.F1-L1) e o alimentador da concessionária local.

Tabela 5: Ajustes propostos para coordenação da função ANSI-51

TAG'S DO RELÉ	AJUSTES
I > F Ip	0,39 A (35,1 A)
I > F curva	MI
I > F Dt	0,7

Fonte: Autores (2022)

3.2. FUNÇÃO ANSI-50 – SOBRECORRENTE INSTANTÂNEO

A corrente de partida (1260 A primários) foi ajustada acima do curto-circuito trifásico subtransitório assimétrico somando as correntes de inrush dos transformadores (1170 A) mostrado na Tabela 6.

Tabela 6: Ajustes para corrente de partida da função ANSI-50

TAG'S DO RELÉ	AJUSTES
I >>> F Ip	14 A (1260 A)
I >>> F t	0,00 s

Fonte: Autores (2022)

3.3. FUNÇÃO ANSI-51N - SOBRECORRENTE TEMPORIZADO DE NEUTRO

A corrente de partida foi ajustada em 30 A primários. A curva de tempo normal inverso, foi ajustada de forma a ser coordenada com a proteção de neutro do primário do transformador, mostrado na Tabela 7, permitindo no mínimo um tempo de 300 ms entre os relés.

Tabela 7: Ajustes para corrente de partida da função ANSI-51N

TAG'S DO RELÉ	AJUSTES
I > N Ip	0,2 A (18 A)
I > N curva	MI
I > F Dt	0,3

Fonte: Autores (2022)

3.4. FUNÇÃO ANSI-50N - SOBRECORRENTE INSTANTÂNEO DE NEUTRO

A corrente de partida da função 50N foi ajustada com sensibilidade suficiente para detectar faltas à terra do lado de 13,8 kV sem proporcionar desligamentos indevidos, mostrado na Tabela 8, quando da energização dos transformadores, em função do erro da classe de exatidão dos TC's.

Tabela 8: Ajustes para corrente de partida da função ANSI-50N

TAG'S DO RELÉ	AJUSTES
I >>> N Ip	2,8 A (252 A)
I >>> N t	0,00 s

Fonte: Autores (2022)

3.5. FUNÇÃO ANSI-27 – SUBTENSÃO

Ajustar para 80% da tensão nominal, com uma temporização de 3,0 s para evitar sua atuação em casos de desenergização da linha e seu próprio religamento mostrado na Tabela 9.

Tabela 9. Ajustes propostos para a função ANSI-27 de subtensão

TAG'S DO RELÉ	AJUSTES
27	176 V
27TD	3,0 s

Fonte: Autores (2022)

3.6. FUNÇÃO ANSI-59 – SOBRETENSÃO

Ajustar para uma sobretensão de 110% da tensão nominal fase-terra, com uma temporização de 1,0 s, mostrado na Tabela 10.

Tabela 10: Ajustes propostos para a função ANSI-59 em 110% da tensão nominal fase-terra

TAG'S DO RELÉ	AJUSTES
59	242 V
59TD	1,0 s

Fonte: Autores (2022)

3.7. FUNÇÃO ANSI-67 – DIRECIONAL DE SOBRECORRENTE

Habilita uma função direcionalidade de corrente, para obtermos o sentido da falta e restringirmos a zona de atuação da mesma, ajustes mostrados na Tabela 11.

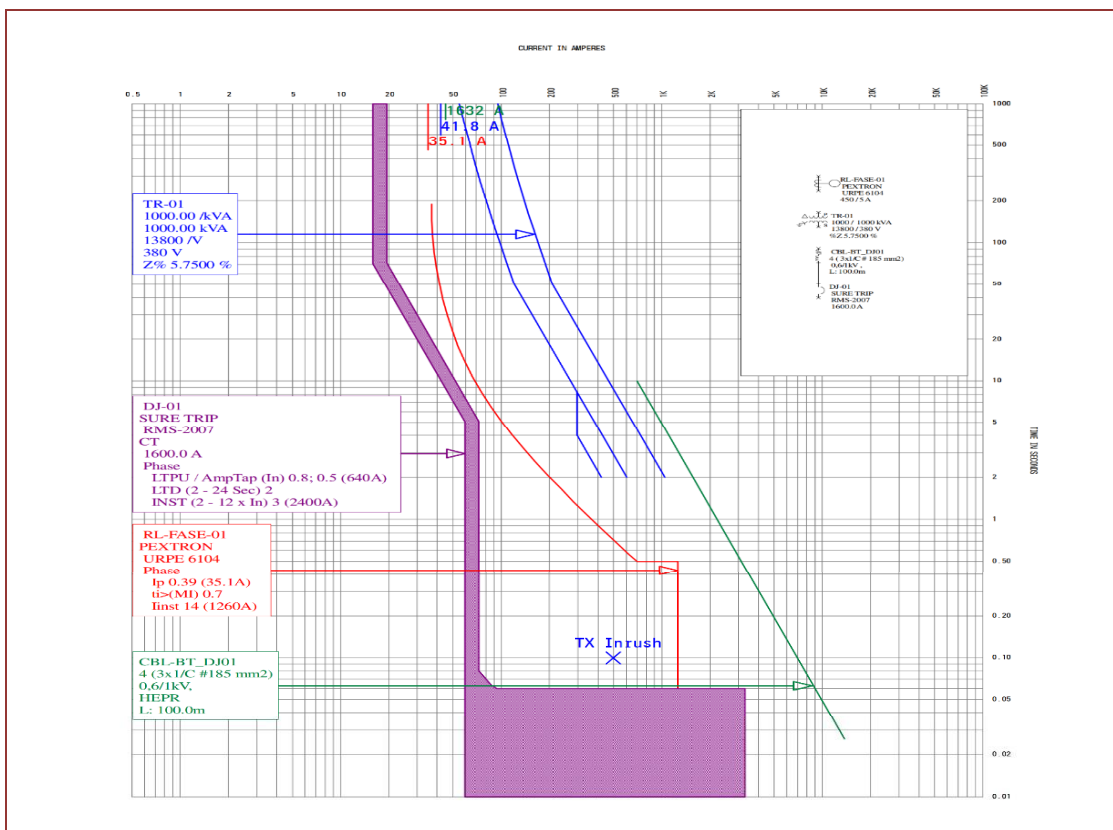
Tabela 11: Ajustes propostos para a função ANSI-67

TAG'S DO RELÉ	AJUSTES
Atm	45°
110-220	220 V
Direção	Direta
$I > F_p I_p$	0,36 (32,4 A)
$I > F_D CUV$	MI
$I > F_d DT$	0.6
$I \gg \gg F_d I_p$	12 (1080 A)
$I \gg \gg F_d DT$	0.00

Fonte: Autores (2022)

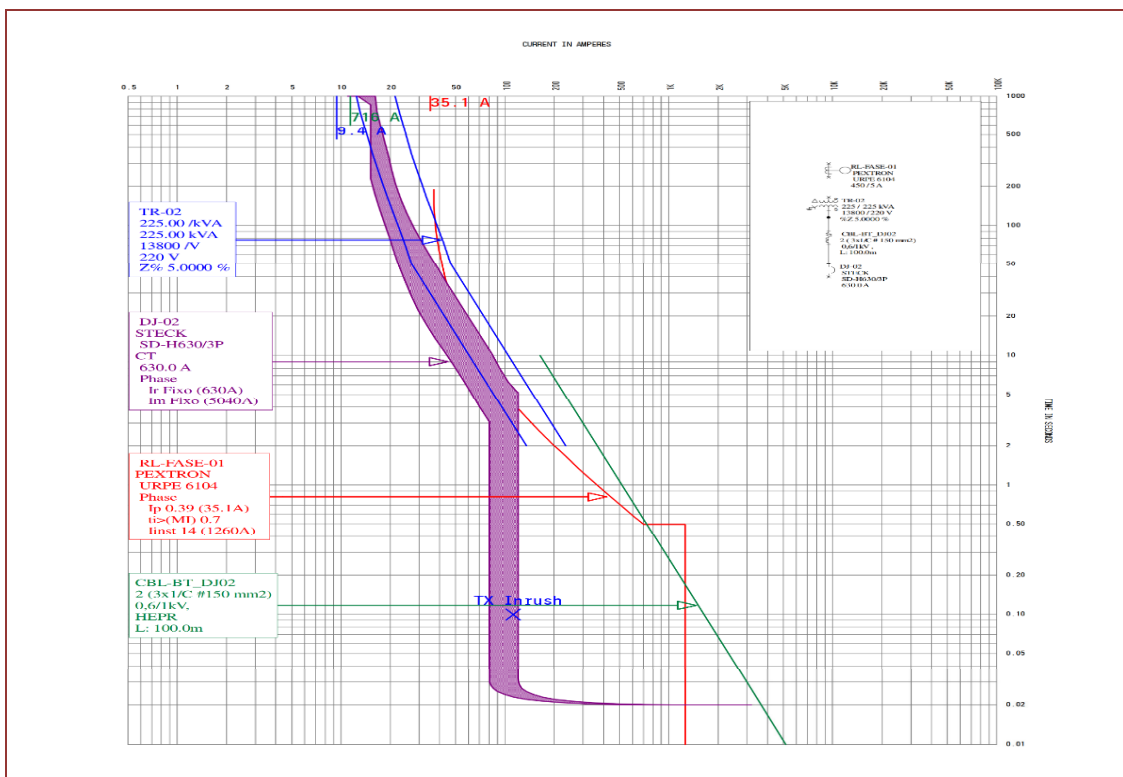
Nas Figuras 1 e 2, é possível observar a verificação gráfica de coordenação e seletividade (coordenogramas) das funções ANSI 50 e 51 para os transformadores de potência TR-01 e TR-02, respectivamente.

Figura 1: Verificação gráfica da função ANSI 50 e 51 em relação ao TR-01



Fonte: Autores (2022)

Figura 2: Verificação gráfica da função ANSI 50 e 51 em relação ao TR-02



Fonte: Autores (2022)

Analisando os coordenogramas nas Figuras 1 e 2, é possível confirmar que os ajustes das funções de proteção dos relés satisfazem tanto a rede da concessionária em relação a cada transformador.

Os transformadores são para medição de grandezas do sistema elétrico com características específicas para proteção e exatidão desses dispositivos definidos pelo estudo de proteção e tem a função de isolamento nos circuitos (SATO, 2015)

Os transformadores de classe 10B50 – 12 VA desenvolvem uma tensão em seus secundários de 47 V, conseqüentemente, pode-se afirmar que não ocorrerá saturação dos TCs em nenhuma condição apresentada acima, pois no pior cenário a tensão de saturação ou potência da carga imposta no secundário dos TC's atingem no máximo 60% da classe de exatidão nominal do equipamento.

Idealmente, os TCs devem reproduzir, de maneira fiel, no secundário a corrente do circuito primário. Uma vez que o núcleo do TC é feito de material saturável, quando ele atinge a região de saturação a corrente secundária não terá mais a forma senoidal e não mais reproduzirá fielmente a corrente primária. Quando isto ocorre, podemos afirmar que o TC saturou (MARDEGAN, 2010).

Os TCs são utilizados em aparelhos que possuem baixa resistência elétrica, tais como relés, medidores de energia e potência, etc (MAMEDE, 2011). Eles trabalham entre esses equipamentos e o circuito principal, pelo fato de no seu terminal secundário haver uma corrente inferior e proporcional à corrente que flui no seu terminal primário (COSTA, 2018).

Quanto à corrente térmica, deverá atender à condição de curto-circuito máximo, durante 1 s. Como a corrente térmica do TC é de 60 kA/1 s, ela atende a presente instalação. Quanto à corrente dinâmica, deverá atender à condição de pico de corrente de curto-circuito máximo, durante $\frac{1}{2}$ ciclo. Como a corrente dinâmica do TC é de 150 kA, por meio ciclo, ela atende a presente instalação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo objetivou no estudo de caso da realização de um estudo de proteção e seletividade entre a rede da concessionária de energia local e a entrada no sistema das instalações elétricas da subestação de uma indústria em Manaus-Am.

Inicialmente, foi feito todo o levantamento de dados elétricos *in loco* e solicitações de informações junto a concessionária local, sendo assim, possível a escolha do dispositivo de proteção que foi utilizado para o estudo de proteção e seletividade adequado para a instalação em questão.

O estudo de curto circuito é fundamental para análise de sistemas de potência, tornando possível o pleno funcionamento ou especificando falhas. Feito o estudo dos níveis de curto circuito da instalação elétrica, foi definido os critérios para ajustar as funções de proteção do relé e os TC's com base na adequação solicitada pela concessionária de energia local.

Os dados coletados e calculados, possibilitou dimensionar e definir os dispositivos adequados para obter-se os níveis de tensão e corrente seguros para a proteção da subestação.

O relé de proteção PEXTRON URP 6000 foi utilizado apenas para proteção com as funções ANSI-50/50N, 51/N, 27, 59 e 67, contudo, ele estará proporcionando *trip* no disjuntor de entrada (DJ-52-1) e sinalização no anunciador de alarme. Além da função de proteção, o relé utilizado nesta instalação elétrica obteve seletividade e ajustes no sistema tornando possível o isolamento de defeitos, tornando constante a operação e reduzindo as perdas de cargas e prejuízos econômicos.

Os disjuntores de saída do QGBT também tiveram seus ajustes proposto, para garantir a proteção do sistema na baixa tensão.

REFERÊNCIAS

- [1] COSTA, Max Alexandre Dantas. Estudo da proteção de sobrecorrente de uma subestação de 500 kVA. Mossoró – RN, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3616/2/MaxADC_ART.pdf. Acesso em: 14 set, 2022.
- [2] FRADE, Larissa Cardoso. PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS: Estudo de caso e análise da seletividade na Subestação Três Corações. Virginia – MG, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/720>. Acesso em: 01 dez, 2022.
GARAVELHO, Camila Alencar; WANDERLEY, Hiago Nascente. Estudo de Caso de Proteção Elétrica da Adequação de uma Subestação em Goiânia. Goiânia – GO, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2939/1/Estudo%20de%20Caso%20de%20Prote%3%a7%c3%a3o%20El%3%a9trica%20da%20Adequa%3%a7%c3%a3o%20de%20uma%20Subesta%3%a7%c3%a3o%20em%20Goi%3%a2nia.pdf>. Acesso em: 14 set, 2022.
- [3] IEC 61850. Redes de comunicação em subestações de energia elétrica. Revista O setor elétrico, 2010. Disponível em: https://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2010/08/Ed54_fasc_automacao_subestacoes_capVII.pdf. Acesso em 22 set, 2022.
- [4] MAMEDE FILHO, João; MAMEDE, Daniel Ribeiro. Proteção de sistemas elétricos de potência. 2011. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- [5] MARDEGAN, Cláudio. O setor elétrico: Proteção e Seletividade. Revista O setor Elétrico. Rio de Janeiro, 2010.
- [6] NBR 6856. Transformador de corrente. 1992, Rio de Janeiro.
- [7] NBR 14039. Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. 2003, Rio de Janeiro.
- [8] NEGROMONTE, Vinicius A. M. Estudo do Sistema de Proteção de uma subestação. Campina Grande – PB, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/18964/VINICIUS%20AUGUSTO%20MORAIS%20NEGROMONTE%20-%20TCC%20ENG.%20EL%3%89TRICA%202018..pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 set, 2022.
- [9] SILVA, Fagner Oliveira. Estudo de proteção de uma subestação plena com Geração distribuída, conectada na baixa tensão, envolvendo usina fotovoltaica. Natal – RN, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/48210/2/TCC_Fagner_Oliveira_da_Silva.pdf. Acesso em: 14 set, 2022.

Capítulo 9

Controle de nível através de um sensor ultrassônico

Patrick Lombe Kaya

Livia da Silva Oliveira

Resumo: Para reduzir o tempo de mensuração de determinadas atividades, o sensor ultrassônico tem se tornado bastante útil dentro das indústrias, principalmente quando precisa-se obter informações imediatas de uma determinada medida. No caso de líquidos, o sensor ultrassônico demanda do movimento da água trazendo informações relacionadas ao quantitativo da medida relacionada. Trazendo com isso exatidão para os processos. Dentro desse contexto, este trabalho tem como principal objetivo realizar a medição de nível de água utilizando um sistema ultrassônico. E objetivos específicos tais como descrever como é realizada a medição de nível de água; apresentar a atuação de um sistema ultrassônico dentro do processo de controle de nível; pontuar as vantagens de um sistema ultrassônico na realização de medição de nível e realizar a confecção de um dispositivo de controle de nível de vazão de água. A metodologia está voltada para uma pesquisa descritiva. Os resultados foram apurados através do acionamento dos respectivos equipamentos que foram utilizados. Dessa maneira, com a união dos equipamentos foi possível gerar a comunicação entre os mesmos para que fosse possível repassar os comandos. Assim, para se obter os resultados, foi realizado um teste com o protótipo dentro de um recipiente de 11 litros. A programação dos sistemas inseridos permite transferir comandos para os equipamentos através do cartão de entrada analógico, que por sua vez contribui para que as informações possam ser passadas do computador e software para os equipamentos.

Palavras-chave: Automação; controle; consumo; sistema.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as formas mecânicas e automatizadas para obter informações e dados de dispositivos é uma forma de fazer do tempo uma ferramenta eficiente para ganhos para dentro de alguém empresa ou indústria. O tempo dentro de um processo produtivo pode ser valioso e as informações levantadas através de meios manuais tornam processos demorados. (Matheus Rocha 2019).

Sensores ultrassônicos partem do princípio semelhante ao radar ou ao sonar, que avalia a localização do alvo procurado. O sensor de ultrassom gera ondas de som de alta frequência e capta o eco que é recebido de volta pelo sensor. O microcontrolador calcula o intervalo de tempo entre o envio do sinal e a recepção do eco para determinar a distância de um objeto. Um medidor ultrassônico de distância, também conhecido por trena eletrônica, é um instrumento que começa a ganhar popularidade entre engenheiros civis, arquitetos e outros que precisam realizar medidas em ambientes de forma rápida e precisa (METALTEX, 2018).

O tempo dentro de um processo produtivo pode ser valioso e as informações levantadas através de meios manuais tornam processos demorados. Assim, para reduzir o tempo de mensuração de determinadas atividades, o sensor ultrassônico tem se tornado bastante útil dentro das indústrias, principalmente quando precisa-se obter informações imediatas de uma determinada medida. No caso de líquidos, o sensor ultrassônico demanda ondas que vão e voltam trazendo informações relacionadas ao quantitativo da medida relacionada. Trazendo com isso exatidão para os processos (ALBUQUERQUE,2017).

Dentro desse contexto, este trabalho tem como principal objetivo realizar a medição de nível de água utilizando um sistema ultrassônico. E objetivos específicos tais como descrever como é realizada a medição de nível de água; apresentar a atuação de um sistema ultrassônico dentro do processo de controle de nível; pontuar as vantagens de um sistema ultrassônico na realização de medição de nível e realizar a confecção de um dispositivo de controle de nível de vazão de água.

A metodologia realizada é a pesquisa descritiva, onde serão descritos o experimento realizado com a confecção de protótipo utilizando-se do sensor ultrassônico para realizar a medida de nível de água em um recipiente de 11 litros. Em contrapartida, o tempo que se leva para aguardar o enchimento de um recipiente seja qual tamanho for, e a necessidade de ter uma pessoa para fazer essa verificação pode conduzir as informações ao erro, principalmente quando isso é necessário para dentro de uma indústria. Diante a isto, indaga-se: como o sensor ultrassônico pode ser utilizado para a medição de vazão de água?

2. MATERIAL E MÉTODOS

Entre a lista de materiais que foram necessários para a pesquisa foram utilizados: CLP, Software de comunicação RSLINX, Software de Programação RSLOGIX 500, cabo de programação para CLP Micrologix, Cartão Analógico de entrada, sensor ultrassônico, fonte de alimentação 24VDC, relé 24VDC-250VAC, disjuntor 4^a curva C monofásico, bomba d'água modelo Askol 32W 127 VAC, recipiente de 11 litros de plástico acrílico transparente.

A pesquisa será do tipo estudo de caso, onde serão realizadas pesquisa experimental e qualitativa, onde seguirá conforme o fluxo descrito na Figura 1:

Figura 1: Etapas de desenvolvimento do projeto



Fonte: Autor 2022

O local para a confecção e estudo do projeto foi na empresa TECSANT PROJETOS e INSTALAÇÕES ELÉTRICAS – CNP: 32448215/0001-66 localizada na Avenida Presidente Kennedy, 466 – Loja 1, no Bairro Colônia Oliveira Machado, na cidade de Manaus/AM. O local foi escolhido pela equipe por ter a estrutura necessária para realização do projeto.

Para realizar esse procedimento pode-se ser realizada uma mensuração manual através para o registro inicial da vazão para posteriormente fazer a comparação com o sistema sugerido. Para essa mensuração inicial utiliza-se Sensor ultrassônico, que é justamente um velocímetro em forma de torpedo que serve para medir de maneira coerente a velocidade da corrente da água do riacho, dentro da unidade de tempo, onde está pode ser representada m/s (metro por segundo).

Primeiramente, no recipiente foi estimado o nível de água que programamos para a bomba d'água acionar e desligar. Inicialmente foi realizada a medida do recipiente para analisarmos a quantidade de água que ele aguentava, resultando em uma medida de aproximadamente 11 litros de água.

O sistema elaborado trata-se de um sistema de vazão ultrassônico, sendo, portanto, uma automação de total funcionalidade para a mensuração da velocidade da água, através da frequência, no chamado efeito Doppler, de maneira que quando o sistema emitir o sinal ultrassônico, este irá refletir nas partículas ou bolhas, e com isso poderá ser lido essa reflexão dando o resultado da vazão baseada em dados.

Para o desenvolvimento da unidade de teste foram unidos todos os materiais para que pudessem iniciar um sistema capaz de repassar as informações necessárias. Foram conectados o cartão de entrada analógico, junto com o cabo de programação do CLP com um CLP Programador lógico.

Logo em seguida, foi conectado os outros materiais tais como o módulo de controle ultrassônico que é responsável em captar as ondas sonoras como ocorre com o sonar dos morcegos. Dessa forma, foram inseridos outros equipamentos relacionados ao funcionamento do protótipo, onde foi possível conectar e realizar os testes, para verificação do funcionamento correto do referido dispositivo. Dessa maneira, para a realização do teste, somente foi possível encontrar as variações por causa do sensor ultrassônico que foi incluído na junção dos equipamentos. Esse sensor permite captar as movimentações das ondas através do módulo.

Todos os itens foram conectados em fonte de alimentação. A que foi utilizada no projeto de Fonte de Alimentação VCC Delta. Para que fosse possível a interligação de todos esses equipamentos, foi utilizado o CPL programador lógico. Este por sua vez é o computador responsável em automatizar os dados que são repassados.

Assim, estes foram os equipamentos necessários para conseguir montar o protótipo e com isso, realizar a sequência dos testes no modelo ultrassônico. Para isso, foram necessários todos estarem interligados. Para a execução do dispositivo, foi realizada a programação através do software de Programação RS Logix 500 da Rockwell Automation junto com outro programa para comunicação chamado de RSLinx da Rockwell Automation.

Esses programas por sua vez mandam informações para o relé modelo 24VDC 250VA Siemens, que ao ser acionado liga a bomba d'água 1761-108 monofásica 220v da GRI, que manda o comando para a bomba, está por sua vez poderá encher o recipiente conforme programado e logo em seguida o sensor ultrassônico vai conseguir tanto mensurar a quantidade programada, fazendo com que a bomba se desligue até a quantidade programada. Da mesma forma o sensor consegue verificar a quantidade de água que está no recipiente, informando o nível.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram apurados através do acionamento dos respectivos equipamentos que foram utilizados. Dessa maneira, com a união dos equipamentos foi possível gerar a comunicação entre eles para que fosse possível repassar os comandos. Assim, para se obter os resultados, foi realizado um teste com o protótipo dentro de um recipiente de 11 litros. A programação dos sistemas inseridos permite transferir comandos para os equipamentos através do cartão de entrada analógico, que por sua vez contribui para que as informações possam ser passadas do computador e software para os equipamentos.

Conforme realizado os processos de montagem do dispositivo, quando os dispositivos foram conectados foi realizada a programação, através do software de programação e de comunicação para que a quantidade de água que ficasse dentro do recipiente. Logo em seguida foi dado o comando para o enchimento de 2 litros de água pelos programas. Ao acionar as informações forem repassadas para o relé que, por sua vez. O comando pode ser repassado para a bomba, mas a leitura do nível de água é realizada através do sensor ultrassônico.

O programa utilizado serve para gerar informações, por exemplo, para identificar a quantidade de litros que possui em um determinado lugar ou recipiente, porém, o sistema elaborado permite com que seja programado o nível de água do recipiente, através dos comandos direcionados para o ligamento da bomba. O momento de teste exigiu que fossem conectados todos os itens necessários em uma mesa junto a um notebook para início da validação do dispositivo.

Dessa forma, a quantidade de líquido repassada para o recipiente fica sendo controlada pelo sensor ultrassônico. Este por sua vez, utiliza das ondas sonoras para contabilizar a quantidade de água ou o nível de água que está dentro de um determinado recipiente ou em um determinado lugar. O sensor foi colocado em uma posição sobreposta ao recipiente.

O sensor ultrassônico capta as ondas sonoras de baixa frequência e isso faz com que seja calculado o nível através da distância que está o item do sensor. Então, quando é acionada a bomba através dos comandos, o cálculo para a paralisação do enchimento ocorre quando o sensor cadastra as informações relacionadas ao distanciamento do líquido dentro do recipiente do sensor que está suspenso. Cada equipamento possui sua funcionalidade e participação dentro do protótipo montado, onde a eletricidade se torna a fonte principal para que todas as informações possam ser conduzidas de um equipamento a outro. O sensor ultrassônico realiza o controle dos comandos da bomba e do esvaziamento do recipiente. Como discriminado anteriormente, os CLPs funcionam recebendo informações de sensores externos e repassam para esses dados podendo interromper a comunicação conforme programação, e repassa para o equipamento de saída, que no caso é o relé.

Assim, conforme acionamento do CLP as informações ligam o relé que acionam a bomba e está começa a iniciar o enchimento do recipiente de 11 litros, de forma que o sensor indique exatamente quando o enchimento deve parar. Desta forma, faz parte do protótipo também o uso de transdutor do sensor ultrassônico, pois através desses os comandos podem ser repassados para o sensor e vice e versa.

Dessa maneira, os equipamentos puderam ficar um a lado de outro para que ficassem na mesma conexão, e com isso pudesse encher o recipiente de 11 litros obtendo-se ao mesmo tempo informações relacionadas ao tempo real do enchimento que estivera ocorrendo naquele momento dentro do recipiente (Figura 2).

Figura 2: Projeto montado

Fonte: Autores (2022)

Uma vez que os medidores ultrassônicos têm como principal característica a ausência de contato físico com o processo, os sensores podem ser utilizados em um vasto campo de aplicações desde processos com ambientes insalubres e agressivos até aqueles com produtos incrustantes ou com sólidos em suspensão. Alguns exemplos de aplicações em medição de nível de processos são apresentados a seguir: indústrias químicas (ácidos, solventes e bases); indústrias alimentícias (sucos, bebidas, misturas, grãos, farinhas); indústria siderúrgica (tanques de água de resfriamento de fornos, tanques de armazenagem de produtos químicos); indústrias de papel e celulose (medição em tanques de armazenagem de celulose em tratamento, nas estações de tratamento etc); tratamento de água e esgoto (estações de tratamento de água, produtos químicos, lama, esgoto, controle de bombas); indústrias farmacêuticas (vacina, água destilada, pastas, líquidos assépticos, reagentes químicos); silos em geral (fertilizantes, plásticos granulados, minérios, grãos); monitoração ambiental (nível de rios, canais, piscinões, represas, lagos. Uma aplicação comum a todos que também pode ser citada é a medição de nível na fase de carregamento de caminhões (SILVA, 2018).

Os medidores de nível representam uma grande solução para aplicações onde só é possível a medição sem contato com o produto. Os instrumentos utilizam a tecnologia do ultra-som para a realização da medição, o que os tornam um versátil para a medição e controle de nível/distância. São soluções de baixo custo e de alta confiabilidade para qualquer processo onde a medição sem contato for necessária. Nas áreas onde as aplicações usualmente trazem o inconveniente da impregnação de sólidos, os medidores por ultrassom por não entrarem em contato com o produto, são realmente uma excelente solução, ao contrário de tecnologias convencionais que apresentam problemas de falhas de indicação ou controle do nível. (PAIVA, 2017).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a elaboração do protótipo, pode-se observar que a medição dos níveis de água que foram realizados pelo sensor ultrassônico, somente é possível devido a emissão de pulsos de ultrassom que são emitidos pelo sensor que por sua vez, refletem no líquido dentro do recipiente e, como em um espelhamento, volta para o sensor. Ocorrendo a medição de nível sem que precise ter contato com o líquido e com a estrutura onde ele se encontra, a medição ocorre através do tempo que a onda vai de um ponto a

outro até retornar para o sensor.

Por isso o sensor foi posicionado em posição vertical para fazer esse cálculo da onda que vai do fim até a borda do recipiente.

Assim, o uso de um Controlador Lógico Programável (CLP) se torna extremamente importante no processo de construção de um dispositivo por ser considerado como um cérebro que repassa as informações para os outros componentes. No caso do protótipo construído repassou os dados para o sensor e para a bomba, onde foi possível alcançar um resultado. Dessa maneira, o sistema ultrassônico se torna vantajoso para dentro de processos industriais que envolvem medição de quantidade de líquidos dentro de um recipiente, como no caso da indústria de alimentos, pois esse sistema informará a quantidade de líquido que estará presente dentro de grandes recipientes, sem precisar que sejam feitas mensurações manuais, sem a necessidade de ter uma pessoa exclusiva para ficar observando alcançar determinado nível.

Dessa forma, a confecção de um dispositivo auxiliou no conhecimento prático voltado para a compreensão da funcionalidade de cada equipamento. Bem como a montagem elétrica de todo um sistema automatizado que oferecesse além de comandos as informações precisas para conhecimento de quem está operando o sistema.

Sugere-se para estudos futuros as possibilidades de aprimoramento de dispositivos automatizados com sensores ultrassônicos para dentro de indústrias para contagem de peças ou de itens, o que também pode ser utilizado pelo sensor, oferecendo com isso conhecimento possibilidades com um menor custo.

REFERÊNCIAS

- [1] <https://balluffbrasil.com.br/sensor-ultrassonico-como-ele-funciona-e-de-que-modo-pode-ajudar-a-sua-industria/>. Acesso em 10 de maio 2021
- [2] <http://www.metaltex.com.br/classe.asp?classe=Automação>. Acesso em 28 setembro. 2022.
- [3] GONÇALVES, Matheus Rocha. Controle de nível de planta didática usando controlador lógico programável: Monografia de graduação em engenharia de controle e automação. Universidade federal de ouro Preto Escola de Minas. 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3kIFmSq>. Acesso em: 17 abril de 2022.
- [4] NEWMAN, M. J.; HOLMES, D. G. Delta Operator Digital Filters for High Performance Inverter Applications, IEEE Transaction on Power Electronics, 2003, Vol. 18, no. 1, pp. 477-454.
- [5] RAFAEL MATEUS CARVALHO DE PAIVA. Sistema de monitoramento de nível de reservatório utilizando sensor Ultrassônico. 2017. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/39103#>
- [6] SEDRA, Adel S.; SMITH, Kenneth C. Microelectronic Circuits. 6. ed. New York: Oxford University Press, 2010. 1456 p.
- [7] Tatiana dos Reis Silva. Medidor de nível Ultrassônico. 2018. Disponível em: <http://www.eaic.uem.br/eaic2020/anais/artigos/4356.pdf>
- [8] THOMAZINI, Daniel. Albuquerque, Pedro U. B. Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações. 5ª ed. São Paulo: Érica, 2017. 222 p.

Capítulo 10

Desenvolvimento de esquemas de fiação de uma Unidade Principal de Anel (RMU)

Paulo Gabriel Batista de Jesus

Livia da Silva Oliveira

Resumo: As redes de distribuição de energia são o principal meio de transmissão de energia para os consumidores na atualidade. Devido ao grande porte desses sistemas, as grandes empresas do setor elétrico demandam de atividade frequente e ininterrupta no fornecimento de energia, para garantir sempre o melhor serviço possível aos clientes. Aprofundando-se nos mecanismos presentes nessas redes, é possível encontrar um equipamento específico conhecido como Unidade Principal de Anel (RMU). Essa ferramenta é responsável principalmente por garantir um controle aprimorado sobre o fluxo da corrente elétrica em diferentes fontes de energia, podendo atuar com diversos processos de maneira rápida e segura. Porém, um RMU necessita de esquemas de fiação desenvolvidos de maneira apropriada, para evitar gastos com recursos desnecessários, e principalmente, garantir o melhor processamento e segurança possível, evitando acidentes como sobrecargas ou aquecimentos. Tendo isso em mente, esse estudo busca apresentar como a construção de esquemas de fiação bem elaborados podem influenciar no funcionamento de um RMU, utilizando como base para desenvolvimento as Topologias de Redes presentes na área de tecnologia da informação, buscando obter resultados ainda mais eficazes a respeito de controle e segurança de uma RMU.

Palavras-chave: Energia; Unidade Principal de Anel (RMU); processamento; segurança; topologias de redes.

1. INTRODUÇÃO

Em termos de requisitos operacionais, um cliente espera de uma Unidade Principal de Anel (RMU), uma distribuição descomplicada e ininterrupta de fornecimento de energia para uma ou mais fontes disponíveis (LIYOND, 2022). O ponto principal dessa ferramenta encontra-se no designer atender as expectativas em modelo e fabricação de esquemas bem construídos para a sua implementação.

Do ponto de vista de projetos, o RMU é uma fonte de alimentação de energia, auxiliado com proteção e controle extra, que divide a corrente de carga elétrica e interrompe qualquer falha ou curto-circuito.

Para simplificar em uma frase, uma Unidade Principal de Anel é uma versão estendida de um comutador ou possui o mesmo integrado a ela. Entretanto, o contrário não pode ser aplicado (STORMSHALTED, 2022).

Ao compararmos o RMU a um conjunto completo de comutadores, suas principais funções são aproximadas, uma vez que esse grupo também abriga componentes primários para controlar ou interromper o fluxo de corrente elétrica e outros componentes auxiliares de operação, medição e monitoramento. A grande diferença, no entanto, encontra-se nos conjuntos de comutadores que são mais adequados para grandes subestações de energia com vários alimentadores de saída e exigem proteção de alimentador dedicada.

Portanto, através do desenvolvimento de esquemas de fiação para uma unidade principal de anel de maneira organizada e segura, é proporcionado, sem dúvidas, uma melhor flexibilidade e segurança em termos de manutenção e operabilidade. Mediante esse contexto, esse estudo busca definir meios para a construção de um esquema de fiação apropriado em uma unidade em anel, tendo como base teórica de desenvolvimento as topologias de rede para estabelecer uma estrutura lógica e organizada nesse processo, de modo que as ações de uma RMU se tornem ainda mais organizadas e seguras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Como maneira de iniciar esse a metodologia, foi realizado um método de briefing aprofundado no que diz respeito a cabeamentos elétricos, identificando o funcionamento dos principais itens no mercado, bem como, aqueles que possuem maior faixa de utilização na área, estabelecendo um grau de estudo de acordo com a qualidade dos mesmos para maior aprofundamento ao longo desse artigo.

Em seguida, também foi realizado um detalhamento mais específico a respeito das unidades principais em anel, juntamente com uma pesquisa mais a fundo sobre redes de distribuição de energia, onde foram analisadas suas principais atividades, estabelecendo padronizações no que diz respeito aos principais modelos constituintes no mercado atual, para obter o melhor conhecimento possível sobre como essas ferramentas podem trabalhar de maneira integrada na transmissão de energia e proteção de transformadores.

Também, foi realizado um estudo no que diz respeito a Design e Softwares específicos para uma melhor organização no desenvolvimento dos esquemas de fiação. Esse estudo, entretanto, realizado em grau menos aprofundando levando em conta que o foco principal é a busca pelo conhecimento em equipamentos elétricos que podem afetar na alta performance em grandes distribuidoras de energia.

Por fim, para atingir o principal objetivo proposto nesse artigo, foram trabalhados em conjunto, a busca por esquemas lógicos envolvendo as fiações elétricas, onde as mesmas podem ser relacionadas com as principais topologias de redes estudadas, visando estabelecer uma comunicação segura entre as unidades RMU e os cabos elétricos constituintes nesse processo, buscando também obter resultados mais significativos no que diz respeito a distribuição elétrica por parte dessa unidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização de análises aprofundadas sobre o impacto causado por esquemas elétricos envolvendo cabeamentos para melhor contato com unidades principais em anel obtivemos resultados significativos envolvendo alta performance em transmissão de energia para as fontes disponíveis. Com isso em mente, será demonstrado a seguir os principais resultados obtidos, destacando aqueles que envolvem performance melhorada por meio de tabelas, trazendo dados significativos para os mesmos.

3.1. VERSATILIDADE DE CONDUTORES ELÉTRICOS

Neste estudo, foi possível observar que os condutores elétricos, são os principais meios de condução e distribuição de energia. Entretanto, esses itens possuem capacidades individuais que podem influenciar no funcionamento de um sistema RMU de maneiras diversas, o que abre um leque de opções ainda maior para essas unidades.

Tabela 1: Condutores elétricos e suas principais utilidades

CABOS	DESCRIÇÃO
Fios Sólidos	Fio isolante muito utilizado em ambientes com baixa intensidade.
Cabos Flexíveis	Fio de cobre flexível, com capacidade de utilização em ambientes diversos.
Cabos PP	Cabo flexível e seguro, com nível de isolante em dobro.
Bitolas	Isolantes que atuam em conjunto com cabos e fios.

Fonte: Autores (2022)

Mediante o contexto citado, é possível identificar na Tabela 1, que embora sejam muito similares, os cabos e fios elétricos possuem significados distintos, possuindo também uma variedade expressiva de opções para implementação em um esquema de fiação elétrica, o que complementa ainda mais os benefícios gerados por essa versatilidade. Outro item que também é importante mencionar são as bitolas de fios e cabos, responsáveis pelo isolamento dos mesmos como prevenção de sobrecargas que podem gerar acidentes (MATTEDE, 2018).

3.2. PERFORMANCE MELHORADA COM ESQUEMAS BEM-FEITOS

Após a implementação de um esquema de fiação organizado, as capacidades performáticas da unidade RMU aumentam de forma exponencial. Isso se deve ao fato de

que com um projeto bem elaborado e estabelecido, tanto os níveis de segurança, quanto organização são beneficiados pelo bom conjunto de itens.

Tabela 2: Vantagens no desenvolvimento de esquemas de fiação adequados

VANTAGENS	DESCRIÇÃO
Organização	Melhor distribuição de itens para o funcionamento da unidade RMU.
Custos Reduzidos	Redução de custos com a utilização de apenas materiais necessários.
Capacidade de Atualização	Capacidade de receber atualizações no esquema.
Segurança	Segurança aumentada com riscos reduzidos devido a organização.

Fonte: Autores (2022)

Outro ponto que influencia nessa melhora de performance é referente a redução de condutores elétricos desnecessários. É possível observar na Tabela 2 algumas vantagens no desenvolvimento de esquemas, que podem ser exemplificadas ao estabelecer apenas as fiações que serão realmente aproveitadas, portanto, são removidas quaisquer possibilidades de processamentos desnecessários, gerando conseqüentemente um aumento em performance e organização, além de garantir a prevenção de sobrecargas na unidade RMU que podem ocasionar em acidentes maiores como incêndios. Soares (2019), auxilia esses argumentos, ao apresentar esquemas elétricos que contribuem nas prevenções contra sobreaquecimentos, sobretensões e sobrecorrentes, demonstrando ainda mais como o desenvolvimento de esquemas elétricos organizados trazem mais segurança para uma rede de energia, além de constatar também, a melhoria no processamento geral.

3.3. VANTAGENS AO UTILIZAR UM RMU

Em paralelo aos estudos que buscaram tratar sobre o desenvolvimento de esquemas de fiação, também encontramos vantagens na implementação de unidades RMU como comutador de energia elétrica em algumas empresas. Pereira (2021), define comutador como “um dispositivo eletrônico utilizado para interromper o fluxo de eletricidade ou corrente elétrica”. Portanto, com essa ferramenta é possível trabalhar de modo seguro, garantindo o isolamento de dispositivos prejudiciais, além de atuar com materiais preventivos para evitar sobrecargas de energia e incêndios.

Tabela 3: Vantagens ao utilizar RMU como comutador

VANTAGENS	DESCRIÇÃO
Economia de Custo e Tempo	Facilidade de instalação e custo baixo.
Manutenção Reduzida	Adaptabilidade aumentada, reduzindo a necessidade de manutenções.
Tamanho Adequado	Tamanho adequado a ambientes diversos.
Segurança	Sistema eficiente e seguro.

Fonte: Autores (2022)

É possível observar na Tabela 3 que, além de garantir benefícios tecnológicos com a utilização dessa unidade, também é possível obter resultados bons a respeito de infraestrutura, economizando mão de obras desnecessárias em manutenções e instalações devido a sua simplicidade e capacidade pessoal, além da facilidade de implementação em lugares diversos devido a seu porte reduzido.

Entretanto, é importante ressaltar que apesar dessas características, ainda assim, existem desvantagens com sua utilização. Seu sistema de isolamento a gás, embora seja muito útil, pode acabar se tornando um problema, onde, em caso de um acidente mais grave, um vazamento de gás pode causar danos muito grandes a empresa. Outro fator que também é interessante mencionar, é que, assim como o gás é uma vantagem que pode se tornar desvantagem, seu tamanho reduzido também. Isso se deve ao fato de, por ser menor, sua capacidade de transmissão é menor em comparação a outros comutadores.

Portanto, como apoia Matos (2016), um RMU fornece benefícios principalmente em aspectos de segurança e infraestrutura, reduzindo maiores custos devido ao aumento na qualidade de vida dos equipamentos, porém, ainda assim possuindo certas debilidades que necessitam de aprimoramento para uma melhora significativa na sua implementação no mercado em geral.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os argumentos apresentados ao longo do presente artigo, conseguimos obter resultados significativos a respeito das grandes empresas elétricas que atuam na distribuição de energia para a população em geral.

Observamos que, através da implementação de uma rede de distribuição, é realizada a distribuição de energia para a população, onde, por meio desse sistema juntamente com os equipamentos apropriados sendo eles, cabos de alta tensão para condução e isolantes específicos para maior segurança, essa ação transmite a energia com qualidade apropriada para os clientes.

Foi identificado, através da utilização de uma unidade principal de anel nessas redes, que é possível obter resultados melhores a respeito de segurança na rede, de modo que, com esse equipamento, seja possível realizar monitoramentos apropriados sobre o seu funcionamento, para evitar quaisquer tipos de acidentes, bem como, manter a rede sempre funcional.

Por fim, atingindo o objetivo principal proposto nessa pesquisa, fomos capazes de identificar que, para a implementação apropriada de um RMU em uma rede de distribuição de energia, é necessário o desenvolvimento de um esquema seguro e correto, onde, através de um design devido, juntamente com um entendimento simplificado, a garantia de benefícios envolvendo segurança, redução de custos e organização é aumentada de maneira exponencial para uma empresa de energia que busca se destacar no mercado.

REFERÊNCIAS

- [1] ASTH, R.: Condutores e Isolantes. In: Toda Matéria. Brasil, 2017. Disponível em: < <https://www.todamateria.com.br/condutores-e-isolantes/> >. Acesso em: 31/10/2022.
- [2] GERENCIATEC: Tudo Sobre Topologia De Rede: O Que É, Tipos, Benefícios E A Melhor Escolha Para Seu Provedor De Internet; Brasil, 2022. Disponível em: < <https://www.gerenciatec.com.br/topologia-de-rede/> >. Acesso em: 28/10/2022.
- [3] HELERBROCK, R.: Condutores e isolantes. In: Brasil Escola. Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/condutores-isolantes.htm> >. Acesso em 31/10/ 2022.
- [4] INBRAEP: Definição dos Fundamentos de Rede de Distribuição. Brasil, 2021. Disponível em: < <https://inbraep.com.br/publicacoes/definicao-dos-fundamentos-de-rede-de-distribuicao/> >. Acesso em: 31/10/2022.
- [5] JUNIOR, A.: Topologia em Barramento. In: Gran Cursos. Brasil, 2020. Disponível em: < <https://blog.grancursosonline.com.br/topologia-em-barramento/> >. Acesso em: 31/10/2022.
- [6] LAMICHHANE, B.: The most popular wiring schemes and design essences of a Ring Main Unit (RMU). In: Electrical Engineering Portal. Disponível em: < <https://electrical-engineering-portal.com/ring-main-unit-rmu-popular-wiring-schemes-design> >. Acesso em: 31/10/2022.
- [7] LIYOND: What is RMU Ring Main Unit? In: Elecspare. 2022. Disponível em: < <https://www.elecspare.com/what-is-rmu-ring-main-unit/> >. Acesso em: 31/10/2022.
- [8] MATOS, N.: A detecção e correção do nível de Descargas Parciais em Aparelhagem Elétrica de Média Tensão. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (FEUP), 2016.
- [9] MATTEDE, H.: Como calcular a bitola do Fio. In: Mundo da Elétrica. Brasil, 2018. Disponível em: < <https://www.mundodaeletrica.com.br/calcular-a-bitola-do-fio-como-calcular/> >. Acesso: 19/10/2022.
- [10] NOLETO, C.: Topologias de rede: o que são e quais os tipos?; In: Betrybe. Brasil, 2020. Disponível em: < <https://blog.betrybe.com/tecnologia/topologias-de-rede/> >. Acesso em: 28/10/2022.
- [11] PEREIRA, J.: 7 Tipos Diferentes de Computadores e a Sua Importância, In: Canoticias. Brasil, 2021. Disponível em: < <https://canoticias.pt/7-tipos-diferentes-de-computadores-e-a-sua-importancia> >. Acesso em: 19/10/2022.
- [12] SILAS, J.: Condutores e isolantes. In: Mundo Educação. Brasil, 2016. Disponível em: < <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/condutores-isolantes.htm> >. Acesso em: 31/10/2022.
- [13] SOARES, I.: Sistema de monitoramento remoto de grandezas elétricas baseado em microcontrolador utilizando protocolo TCP/IP. 45f. (Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia), Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba - Brasil, 2019.
- [14] STORMSHALTED: Ring Main Units (RMUs), Construction, Working and Comparison With Switch-Gears. In: Turbo Future. 2022. Disponível em: < <https://turbofuture.com/industrial/Ring-Main-Units-RMUs-Construction-Working-Comparison-SwitchGears> >. Acesso em: 31/10/2022.

Capítulo 11

Melhoria de extensão e recondutoramento de rede convencional para rede distribuição compacta em uma concessionária de Manaus-AM

Quelvidy Ramil Batista Nascimento

Livia da Silva Oliveira

Resumo: O órgão regulador do setor elétrico exige maior confiabilidade e qualidade nos serviços prestados pelas concessionárias de energia elétrica, que enfrentam grandes desafios para melhorar o fornecimento de energia, distribuindo de forma adequada as cargas dos alimentadores que atendem os bairros. No Brasil o sistema de rede de distribuição está sendo atualizada de rede convencional para rede compacta. Esse novo modelo traz como uns dos seus benefícios a segurança, confiabilidade e qualidade. O objetivo do trabalho foi realizar um estudo de Melhoria de Extensão e Recondutoramento de Rede Convencional para rede Distribuição Compacta em uma concessionária na cidade de Manaus-Am. Para a realização do estudo, foi dividida em duas partes, a primeira realizada uma exploração do conteúdo abordado por meio de pesquisa bibliográfica para fundamento teórico, sendo apresentada diferença da rede de distribuição convencional e rede de distribuição compacta. A segunda parte foi um estudo de caso em uma concessionária na cidade de Manaus-AM. Os resultados mostraram que foi realizado o processo de mudança da rede convencional para a rede compacta que a concessionária local realizou no ano de 2022, na Avenida 7 de Maio no Bairro Santa Etelvina em Manaus-Amazonas. Conclui-se que a mudança no sistema de rede convencional para a rede compacta não apresentaram falhas, esclarecendo a importância que o sistema de energia elétrica requer ao projetar uma topologia de rede elétrica que alcance o nível de qualidade necessário para manter o funcionamento de energia até os seus consumidores finais.

Palavras-chave: Rede distribuição; segurança; qualidade.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte da energia elétrica no Brasil tem sua distribuição por meio de redes aéreas, caracterizada por rede primária convencional. Conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica, esse Sistema tem é regulamentado, onde tem atribuição de regular, fiscalizar, estabelecer tarifas, promover as atividades de concessão e implementar diretrizes conforme estabelecidas pela delegação do governo federal e congresso nacional (ANEEL, 2021).

As redes de distribuição convencionais demonstram um grau menor de confiabilidade, pois seus condutores são nus, sem nenhuma proteção contra toques aos condutores. Assim, de acordo com (Sell et al., 2021), essa rede tem sua composição por postes de concreto circular ou duplo T, cruzetas, isoladores, para-raios, braço de iluminação pública, condutores, transformadores, bancos de capacitores, chaves curto-circuito, chaves a óleo (equipamentos destinados a estabelecer, conduzir e interromper circuitos elétricos), e os cabos são de alumínio.

Já em relação a rede de distribuição aérea compacta, pode ser denominada como um conjunto com formação com cabo de aço e cabos cobertos e protegidos, fixados em estruturas compostas por braços metálicos, esse conjunto sustenta-se por um cabo de aço guia, onde sua utilização é neutra do sistema de distribuição. Esse tipo de rede aumenta a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica, melhora os indicadores técnicos de qualidade, reduzindo o serviço de poda.

Rede de distribuição compacta é constituída de material polimérico que tem como função impedir o contato direto entre os cabos, possibilitando reduzir da faixa de servidão em locais congestionados, como saída de alimentadores, subestações, ou em grandes centros de carga que necessitam de vários circuitos de média tensão, pois esta topologia permite a instalação de mais de um circuito por poste o que a difere das redes convencionais (ALBANI, 2017).

As redes compactas de energia elétrica, geralmente, possuem uma tensão nominal de até 15 kv (quilovolt) ou entre 25 kV e 35 kV. Também são conhecidas como rede “spacer”, é formada por um conjunto de equipamentos compostos por: cabo de aço, condutores cobertos e espaçadores losangulares constituídos de material polimérico (BRASIL, 2018).

Nota-se que as redes convencionais têm um custo de manutenção de operação alto depois de instaladas, e não apresentam confiabilidade, além de apresentar constantemente danificadas por ações do ambiente. Logo, surge a questão que norteia a pesquisa. Qual o método apropriado para rede de distribuição de confiabilidade e com menos custos de manutenção?

A relevância desse estudo se dá pela importância de mostrar métodos que garantem fatores de confiabilidade a aplicação da rede área compacta e como essa rede pode apresentar vantagens em relação à rede convencional. Além de proporcionar a comunidade acadêmica meios de aprofundar conhecimentos sobre a temática e oportunizar o trabalho em campo sobre a parte elétrica o que justifica a elaboração do trabalho.

O estudo objetiva-se em realizar um estudo de Melhoria de Extensão e Recondutoramento de Rede Convencional para rede Distribuição Compacta em uma concessionária na cidade de Manaus-Am. Tendo como objetivos específicos: apresentar vantagens da troca da rede de distribuição convencional para a rede de distribuição compacta, investigar o processo de troca das redes de distribuição e verificar os resultados de melhoria da realização das trocas das redes de distribuição.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foi dividida em duas partes, a primeira realizada uma exploração do conteúdo abordado por meio de pesquisa bibliográfica para fundamento teórico, sendo apresentado diferença da rede de distribuição convencional e rede de distribuição compacta. A segunda parte um estudo de caso em uma concessionária na cidade de Manaus-AM.

Os dados qualitativos foram obtidos por meio de método observação e abordagem descritiva que avaliaram o processo da mudança ocorrida com finalidade de identificar as possíveis melhorias.

O estudo de caso foi realizado na concessionária local, localizada na Av. Sete de Setembro, 2414 - Cachoeirinha, Manaus - AM, 69065-170. A empresa em estudo traz para seus clientes informações sobre os serviços que disponibiliza na distribuição de energia elétrica em sua área de concessão. Ainda tem o como compromisso de levar os serviços de excelência à sociedade amazonense, proporcionado maior aproximação com seus consumidores com a intenção de melhorar a qualidade dos serviços prestados.

A concessionária exerce sua missão conduzindo os seus negócios e relacionamentos pautados nos princípios éticos e de conduta declarados, cumprindo as diretrizes estabelecidas dentro da empresa.

Com o compromisso incorporado ao dia a dia dos seus dirigentes, colaboradores e parceiros que certamente fortalecem a imagem da empresa e em conjunto com as ações delineadas no planejamento estratégico que são indispensáveis para realizar a sua visão de ser uma empresa referência no setor elétrico brasileiro.

O propósito é de cumprir os preceitos constitucionais, do bom senso e da moralidade, bem como, deixar claro a todos que de alguma forma, se relacionarem com a Amazonas Energia.

Logo, no estudo foi possível observar a nova atualização do projeto de extensão e recondutoramento de rede convencional (cabo de alumínio Nus) para rede distribuição compacta (cabo protegido) se aplica os materiais conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Lista de materiais

ITEM	MATERIAIS	DESCRIÇÃO
1	Cabo Coberto	Cabo dotado de cobertura protetora de material polimérico, visando à redução da corrente de fuga em caso de contato acidental do cabo com objetos aterrados e redução do espaçamento entre condutores.
2	Espaçador	Acessório de material polimérico de formato losangular cuja função é a sustentação e separação dos cabos cobertos na rede protegida ao longo do vão, mantendo o isolamento elétrico da rede.
3	Separador	Acessório de material polimérico de formato vertical cuja função é a sustentação e separação dos cabos cobertos na rede protegida, em situações de conexões no vão (conexão no vão), mantendo o isolamento elétrico da rede.
4	Braço Suporte Tipo "L"	Ferragem, em formato "L", que é presa ao poste cuja função é de sustentar o cabo mensageiro da rede protegida.
5	Braço Suporte Tipo "C"	Ferragem, em formato "C", presa ao poste, com a finalidade de ancoragem das fases em condições de ângulo e final de linha, derivações e conexão de equipamentos a rede.
6	Braço suporte tipo "J"	Ferragem, em formato "J", presa ao poste, cujas funções são de afastamento. Sem deflexão, com deflexão e ligação de transformadores auto protegidos.
7	Cabo Mensageiro	Cabo utilizado para sustentação dos espaçadores e separadores e para proteção elétrica e mecânica da rede protegida.
8	Braço Anti-Balanço	Acessório de material polimérico cuja função é a redução da vibração mecânica das redes protegidas.
9	Estribo para Braço Suporte Tipo "L"	Ferragem complementar ao braço tipo "L" cuja função é a sustentação do espaçador junto ao braço.
10	Anel de Amarração	Amarração de material elastomérico, que pode ser de dois tipos para fixação do cabo coberto e mensageiro ao separador, outro para fixação do cabo coberto ao isolador de pino.

Fonte: Autores (2022)

Os materiais apresentados para a construção da rede de distribuição compactam foram definidos a partir da necessidade de execução de um projeto de qualidade e eficaz.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

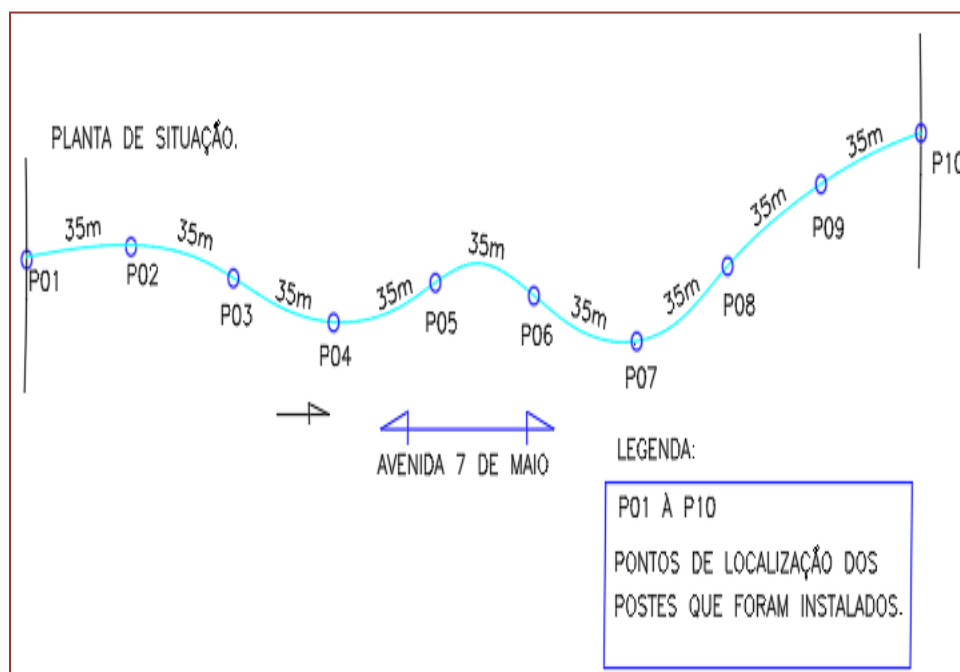
Conforme Reis (2018), a parte da estratégia de manutenção elétrica voltada para as operações de inspeção e revisão, compreendendo na substituição de peças por causa de um defeito ou de uma falha revelada em específico na chave seccionadora. Tem finalidade de corrigir as causas e efeitos que possam acarretar sua indisponibilidade no sistema elétrico de potência em condições não programadas.

Observou-se que para a mudança, foram utilizadas as normas de rede distribuição compacta da concessionária de energia conforme o passo a passo a seguir:

Utilização de aparelho GPS Garmin para realização dos mapeamentos para levantamento de dados do projeto.

Nas demarcações dos pontos que foram instalados os postes na planta de situação conforme da Figura 1.

Figura 1: Pontos de localização dos postes



Fonte: Autores (2022)

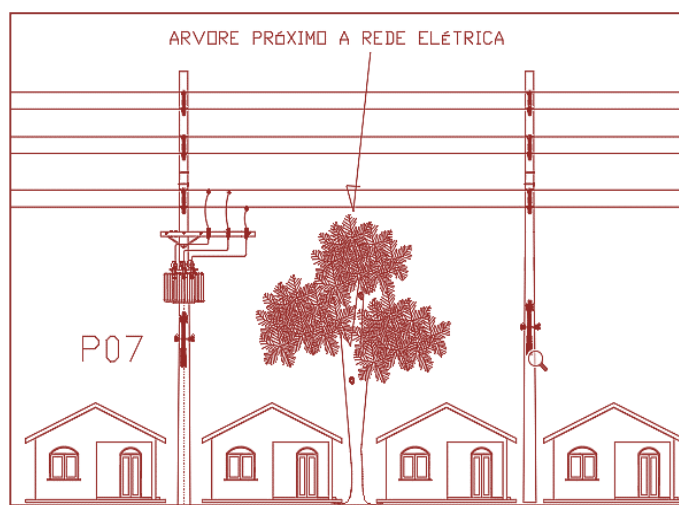
A Figura 1 mostra os vãos com distância entre 35 metros entre os postes que foram instalados. Conforme NBR 8451:2013, as derivações devem ser preferencialmente perpendiculares à rede, e o primeiro poste nunca projetado a mais de 40 m da derivação sendo recomendado o uso de uma estrutura de amarração neste poste.

As NBR's 8158:2017, Ferragens eletrotécnicas para redes aéreas, urbanas e rurais de distribuição de energia elétrica, NBR 8159:2017, Ferragens eletrotécnicas para redes aéreas, urbanas e rurais de distribuição de energia elétrica, Formatos, dimensões e tolerâncias. NBR 8451:2013, Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica – Especificação.

A rede compacta deve ser tratada como rede primária nua para todos os aspectos de segurança que envolva construção, operação e manutenção. Portanto seus condutores e acessórios não podem ser tocados enquanto a rede não estiver desligada e corretamente aterrada, exceto na condição de linha viva, sob pena de colocar em risco a segurança dos envolvidos na tarefa e terceiros (ABNT, 2022).

A Figura 2 mostra uma árvore com os galhos bem próximos dos alimentadores de energia, podendo ocasionar um risco de curto-circuito e atingir as pessoas que passam pelo local.

Figura 2: Árvore próximo da rede elétrica



Fonte: Autores (2022)

O técnico identificou essa anormalidade e direcionou para equipe que realizou o serviço de poda. Levantamento geral de demanda de carga para todos os circuitos dos transformadores que estão atender os consumidores conforme o Quadro 2.

Quadro 2: Levantamento de carga

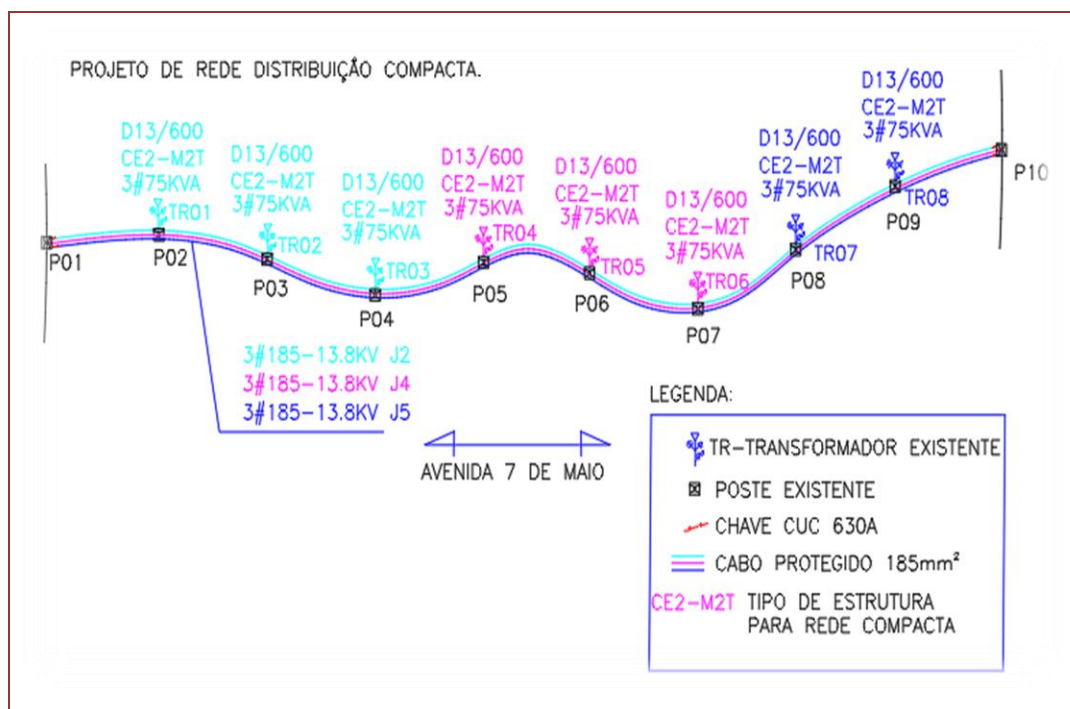
Carga Total			
Discriminação	Potência	Quantidades	Total
Residências	1,2	361	433,2
Comércios	2	33	66
Iluminação Publica	0,25	100	25
Soma Total			524,2 KW
Demanda Prevista: 524,2 KW (569,8 KVA)			
Potência a ser instalador em transformadores: 600 KVA (8 X 75 KVA).			

Fonte: Autores (2022)

O Quadro 2 mostra o levantamento de campo, referente a demanda de carga total para dimensionamento dos transformadores que foram instalados no trecho da Avenida 7 de Maio.

Elaboração do desenho do projeto da rede compacta dos alimentadores e seus transformadores instalados conforme a Figura 3.

Figura 3: Desenho do projeto da rede compacta com três alimentadores e seus transformadores



Fonte: Autores (2022)

A Figura 3 mostra a localização dos transformadores, os tipos de cabos de 185mm² que foram instalados, os tipos de estruturas para montagem das redes compactas e através desse projeto a equipe de obra executaram o serviço.

Observou-se durante a pesquisa como foi realizado o processo de mudança da rede convencional para a rede compacta que a concessionária local realizou no ano de 2022, na Avenida 7 de Maio no Bairro Santa Etelvina em Manaus-Amazonas.

Os equipamentos GPS foram essenciais para realização do mapeamento da localização dos postes que foram instalados por meio desse mapeamento podemos observar na planta de situação as anormalidades como no ponto P4 da figura 3, uma residência muito próxima da rede elétrica que nesse caso utilizamos a montagem da estrutura CE2H-CE2H-N3.

De acordo com a norma de Instalações Básicas de Redes de Distribuição compacta da concessionária local. E no ponto P7 da Figura 3, uma árvore bem perto da rede elétrica e o técnico colocou no projeto essa identificação para realização do serviço de poda que foi executado durante a obra.

Para o levantamento de carga total, foram instalados 8 transformadores distribuídos ao trecho da avenida 7 de maio e operando para atender 361 residência, 33 comércios e 100 lâmpadas a Led para iluminação pública.

De acordo com a concessionária houve melhoria nas trocas das redes e estruturas dos postes, proporcionando qualidade de energia, menos poluição visual, equilibrando o sistema de carga dos transformadores. Hoje a Avenida 7 de Maio está com o projeto atualizado e atuando com três alimentadores e sem sobrecargas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada permitiu averiguar todo o processo realizado pela concessionária sobre a implementação da rede convencional para a rede de distribuição compacta. Realizando o levantamento de informações sobre a melhoria nesse procedimento realizado.

Sendo assim ressalta-se a relevância desse projeto para mostrar que as mudanças ocorridas após a implantação do projeto e execução da obra na Avenida 7 de Maio, reduziu o número de reclamações de consumidores e a rede compacta foi uma solução eficiente para o sistema de distribuição de energia elétrica no local.

A mudança no sistema de rede convencional para a rede compacta não apresentaram falhas, esclarecendo a importância que o sistema de energia elétrica requer ao projetar uma topologia de rede elétrica que alcance o nível de qualidade necessário para manter o funcionamento de energia até os seus consumidores finais.

Atualmente a Avenida 7 de Maio está com outro aspecto visual com a nova rede aérea compacta que exibe inúmeros benefícios em relação a convencional, em função das particularidades próprias do sistema, contribuindo para redução proporcionando uma convivência agradável entre o meio ambiente e redes elétricas.

Com isso os três alimentadores estão com os níveis de segurança de acordo com as normas da concessionária e entregue para os consumidores e não oferece riscos de acidentes por ruptura de condutores e contatos acidentais e garantindo maior confiabilidade ao serviço e consequentemente melhorando a relação da concessionária de energia elétrica com o cliente.

Entre os dois modelos de rede elétrica, os mais utilizados são: a compacta, e convencional, porém o sistema de rede de distribuição compacta foi a melhor alternativa, pois ela oferece segurança, qualidade, confiabilidade e durabilidade.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rede de distribuição compacta Norma Técnica – NT.018 Revisão 04 – 2022.
- [2] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR's 8158:2017, Ferragens eletrotécnicas para redes aéreas, urbanas e rurais de distribuição de energia elétrica. Rede de distribuição compacta Norma Técnica – NT.018 Revisão 04 – 2022.
- [3] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8451:2013, Postes de concreto armado para redes de distribuição de energia elétrica – Especificação. Rede de distribuição compacta Norma Técnica – NT.018 Revisão 04 – 2022.
- [4] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15688:2013 - Redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores NUS. 2021.
- [5] ALBANI E COSTA, Rede de Distribuição Aérea: Comparativo técnico e econômico entre a rede convencional e compacta na região de abrangência de uma concessionária de energia. 2017.
- [6] ANEEL, indicadores coletivos de continuidade. 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/indicadores-coletivos-de-continuidade>. Acesso em: 07 de novembro de 2022.
- [7] BRASIL. O que é uma rede compacta de energia elétrica | ASW Brasil. Disponível Em: <https://www.aswbrasil.com.br/ltimos-destaques/o-que-e-uma-rede-compacta-de-energia-eletrica/>.

Acesso em: 05 de dezembro de 2022.

[8] REIS, J. M. dos. Gestão estratégica de manutenção aplicada a sistemas elétricos de potência. Uberlândia, 2018.

[9] SELL, R. S. Benefícios da rede de distribuição aérea compacta. 2021. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Facisas – Faculdade de Ciências Sociais e aplicadas, Sinop, 2021.

Capítulo 12

Possibilidade de uso de irradiação solar para geração de energia elétrica para suprir a demanda de uma residência

Rafael Henrique Ramos de Aguiar

Livia da Silva Oliveira

Resumo: O estudo apresenta a possibilidade de uso de energia solar por meio de concentradores de energia solar térmica para a produção de energia elétrica, com intuito de abastecer o consumo elétrico de uma residência, utilizando espelhos para concentrar a luz solar em um receptor. A luz solar concentrada em um ponto gera temperatura acima de 100°C, que a depender do tamanho e modelo do projeto pode facilmente passar dos 500°C, a energia solar concentrada aquece um fluido de alta temperatura no receptor. Esse calor, também conhecido como energia térmica, pode ser usado para girar uma turbina ou alimentar um motor para gerar eletricidade. Também pode ser usado em uma variedade de aplicações industriais. A proposta do estudo é apresentar o sistema e verificar sua viabilidade de implantação restringido o uso a uma residência.

Palavras-chave: Energia solar concentrada; sistemas heliotérmicos; energias renováveis.

1. INTRODUÇÃO

Hoje no mundo diversos fatores levam às crises energéticas. Entre elas a pandemia do COVID-19 que gerou um aumento no consumo de energia e a guerra da Rússia contra a Ucrânia. Em especial a última gerou um grande impacto no valor do petróleo no mundo, resultando na elevação do barril de petróleo que por ser a maior fonte de energia do mundo acaba sofrendo uma elevação, seja diretamente ou indiretamente, no custo da energia elétrica. No Brasil há um fator agravante, nossa maior fonte energética vem de fontes hídricas e com mudanças climáticas cada vez mais comum e agressivas (KALOGIROU,2022), a falta de chuvas gerar crises hídricas que não afetam somente na produção de energia elétrica como também gera conflitos em diversos setores, segundo Galvão e Bermann (2015) as crises hídricas revelam uma série de conflitos envolvendo o Sistema Elétrico Brasileiro, suas empresas e seus órgãos de gestão, e os demais usos como a irrigação, a piscicultura, a navegabilidade para transporte e lazer. Todos esses conflitos dificultam a produção elétrica, muitas vezes as concessionárias precisam comprar eletricidade do mercado tendo como consequência à elevação do preço da energia elétrica.

As energias renováveis têm atraído muita atenção recentemente, pois cada uma apresenta vantagens e desvantagens hoje no Brasil. As principais fontes de energias renováveis, excluindo a hidráulica, são eólicas, biomassa e solar de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). No Brasil a maior busca tem sido pela energia solar principalmente no modo de produção fotovoltaico, por ser um modo de produção bastante difundido no país. Entretanto Calderón et al., (2021) lembra em seu artigo Concentrating Solar Power Technologies que as energias renováveis tem seu desenvolvimento limitado pelo descompasso entre a disponibilidade de recursos e a demanda de energia. Este descompasso não pode ser totalmente compensado, por enquanto, com soluções economicamente e tecnicamente viáveis (como armazenamento de energia ou interconexão. Nesse ponto uma forma de contornar esse problema seria utilizando a tecnologia CSP (Concentrating Solar Power) ou energia solar térmica que oferece a vantagem de armazenar calor que é muito mais simples do que armazenar eletricidade, mesmo com a conversão para energia elétrica posteriormente, outras vantagens desse sistema é o uso da energia térmica para aquecimento de ambiente como residência ou estufa e a possibilidade de usar a energia térmica em processos industriais que segundo Uelligton et al.,(2018) o fluido térmico é aquecido nos absorvedores que compõem o campo solar coletor da irradiância direta que será concentrada em linha, por conta dos fluidos térmicos apresentarem temperatura a cima dos 300°C (Vignarooban , 2015).

Com o objeto de estudo sendo a tecnologia CSP, sua implementação para geração de energia para uma residência, o uso de concentradores para geração de energia elétrica residencial será verificado o custo do seu material, a eficiência energética de um concentrador e o período de tempo para que aja o retorno financeiro do investimento, com a demanda de energia sendo apenas residencial não será necessário o uso de armazenamento térmico podendo transferir o calor através de tubos com óleo térmico, com temperaturas superior a 300°C, diretamente para criação de vapor que gerará energia elétrica através de uma turbina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O primeiro passo para alcançar a proposta do trabalho é verificar a irradiância solar no Brasil usando o sistema de satélites do Impe e para delimitar a área do estudo se usará o sistema do cresesb (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito) para ter a variação de irradiância da área de Manaus.

Segundo passo será verificar o custo dos materiais para uma única fonte de geração. Os materiais a seguir serão usados para simulação: um receptor de alumínio com as conexões ligadas a uma tubulação de óleo termico, e o sistema móvel para todos os receptores. Onde os tubos de oleo levaram diretamente para um gerador que transformara agua em vapor para gerar energia eletrica.E um espelho convexo para refletir a luz e no receptor. Ambos os materiais já serão inclusos os suportes no valor.

Para os cálculos a seguir será usado como base um gerador genérico que pode ser escolhido a parti de quanto de geração de energia se quer gerar, para os receptores e espelhos será usado as mesmas dimensões do projeto da CESPE que será usado como referência. Para verificar a geração de energia será usada a Eq. (1):

$$P2 = \frac{P1 \cdot I2}{I1} \quad (1)$$

P2= produção de energia com a irradiância de Manaus.

P1= produção de energia com a irradiância de referência.

I2= irradiância em Manaus.

I1= irradiância de referência.

Os pontos de referência para irradiância será o da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera.Com os valores de irradiância será calculado a eficiência energética pela Eq. (2):

$$Wp * H(Perda) = KWh \text{ di} \quad (2)$$

Wp = potência de pico da geração

H= hora

Para o valor de perda será admito para chegar mais perto de um projeto real uma perda de 30%, sendo essas perdas ocasionadas por perdas de calor nos tubos e receptores, sujeira nas superfícies do receptor e do espelho e por instabilidades climáticas como chuvas e tempos nublados que prejudica na geração energética. Para se verifica o retorno financeiro será usada a equação Eq. (3):

$$\frac{\left(\frac{Ce + \frac{Ct}{xm^2}}{T} \right) + M}{YKWh} = \frac{R\$}{KWh} \quad (3)$$

Onde temos que:

Ce= custos do espelho por metro quadrado.

Ct= custo total do receptor junto com o sistema para alimentar a geração de energia.

Xm²= área do receptor.

T= tempo estimado para o projeto se pagar.

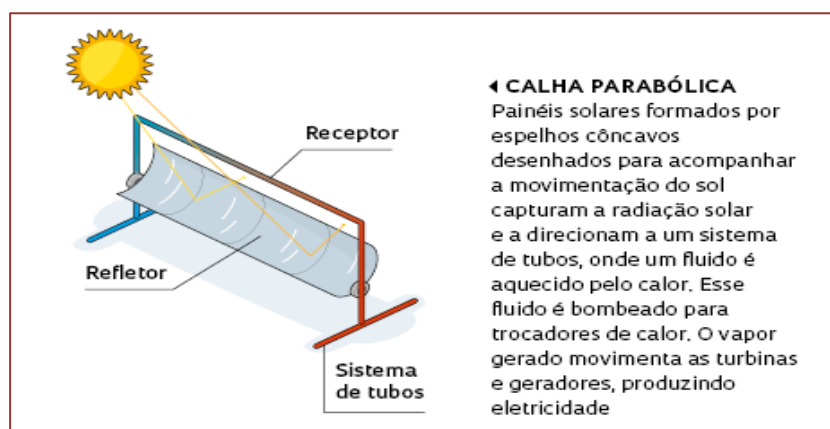
M= valor estimado para manutenção de cada estrutura anualmente.

YKWh= produção estimada da geração de energia do receptor.

Com a estrutura sendo semelhante ao sistema construído pelo CESPE no ano de 2022, será feito algumas alterações para o cálculo do custo de montagem da estrutura, com a área dos espelhos tendo 7 metros de comprimento e 0,64 metros de largura a área para os espelhos se mantem com aproximadamente 4,48 m², porém o material para a base será madeira ao invés de alumínio diminuindo a vida útil, porém reduzindo o custo do projeto.

O Modelo do concentrador será do tipo calhas parabólicas, conforme a Figura 1, com espelhos com base de madeira revestidos com filmes reflexivos autoadesivos, que apesar de menos eficientes comparado a espelhos tradicionais atendem a necessidade de refletir e concentrar a irradiância solar, os receptores deveram ser colados acima dos espelhos para melhor absorção do calor.

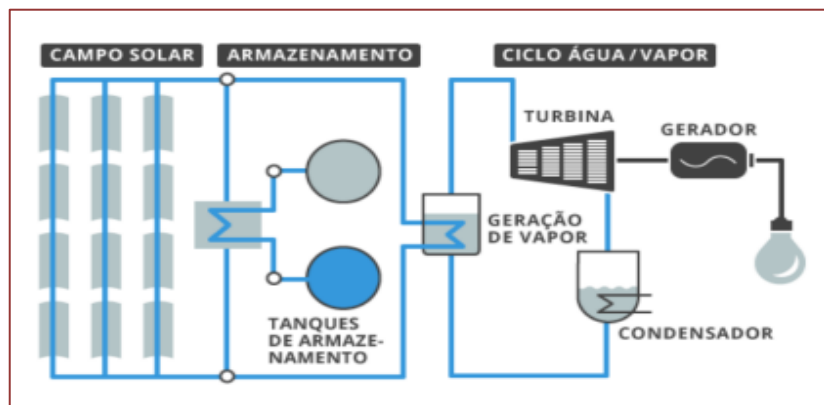
Figura 1: Modelo de calha parabólica



Fonte: agência internacional de energias renováveis (irena)

O sistema para a conversão da energia térmica para a elétrica segue o mesmo princípio das de usinas geotérmicas e termoelétricas que contam com a vaporização de um líquido, normalmente água, que gera uma expansão e pressão do meio gerando trabalho mecânico na turbina do gerador para ser transformado em eletricidade como mostrado na Figura 2.

Figura 2: Esquema simplificado de uma usina solar heliotérmica de calhas.



FONTE: energiaheliotermica.gov.br

Os receptores terão como material alumínio para suporta melhor as temperaturas alcançadas em horários de pico, por não ser um sistema robusto e nem ter a necessidade do armazenamento de energia térmica o líquido que deve passar pelos receptores para transferir o calor até a geração não precisa alcançar temperaturas extremamente elevadas, e para redução tanto do custo como da complexidade do estudo o fluido térmico utilizado para transferência de calor será o Óleo térmico (therminol VP-1) mostrado na Tabela 1, que apresenta um valor de temperatura estável Próximo dos 400°C, que e capaz de atender a necessidade do sistema, sendo levar o calor até a fonte de agua para que a mesma se vaporize para gerar a pressão necessária para que o gerador trabalhe.

Tabela 1: Temperatura máxima de operação estável por fluido térmico

FLUIDO TÉRMICO	TEMPERATURA DE OPERAÇÃO ESTÁVEL
Óleo Térmico (Therminol VP-1) ¹	393°C
Sal Solar : NaNO ₃ (60%) – KNO ₃ (40%) ¹	550°C
Ar ¹	700°C
Água ¹	< 400°C
Sais halogenados (NaCl e KCl) ²	>1000°C
NaNO ₃ (7%) – KNO ₃ (53%) – NaNO ₂ (40%) ¹	550°C
NaNO ₃ (7%) – KNO ₃ (45%) – Ca(NO ₃) ₂ (48%) ¹	500°C
NaNO ₃ (28%) – KNO ₃ (52%) – LiNO ₃ (20%) ¹	600°C
Li ₂ CO ₃ (32,1%) – Na ₂ CO ₃ (33,4%) – K ₂ CO ₃ (34,5%) ¹	800°C
KNO ₃ – LiNO ₃ – Ca(NO ₃) ₂ ¹	~ 500°C
NaNO ₃ (14,2%) – KNO ₃ (50,5%) – LiNO ₃ (17,5%) – NaNO ₂ (17,8%) ¹	430°C
NaNO ₃ (9-18%) – KNO ₃ (40-52%) – LiNO ₃ (13-21%) – Ca(NO ₃) ₂ (20-27%) ¹	> 500°C
NaNO ₃ (6%) – KNO ₃ (23%) – LiNO ₃ (8%) – CsNO ₃ (44%) – Ca(NO ₃) ₂ (19%) ¹	> 500°C
Sódio (Na) líquido ¹	883°C
Mistura líquida Na (22,2%) – K(77,8%) ¹	785°C
Mistura líquida Pb (44,5%) – Bi(55,5%) ¹	1533°C

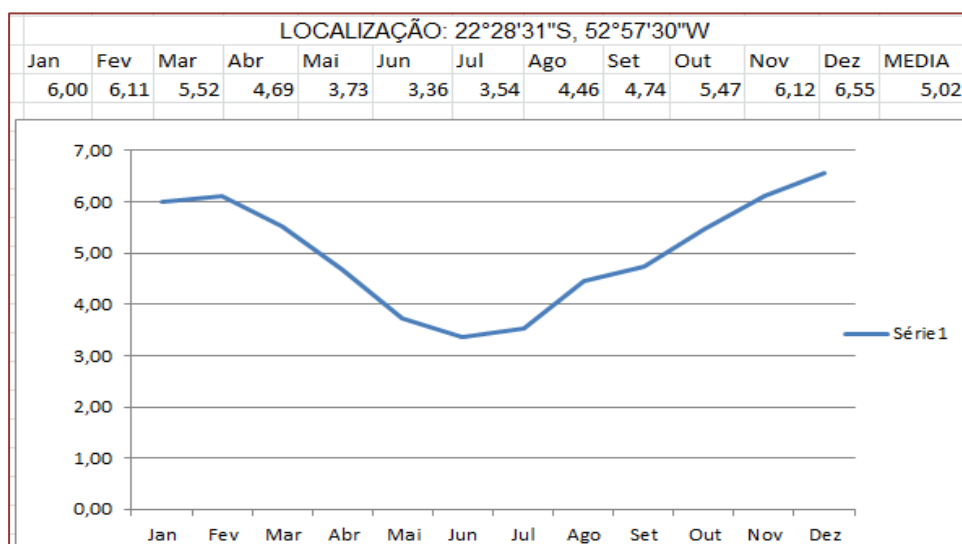
FONTE: Vignarooban et al. (2015); 2 – Li et al. (2016)

O VP-1 se torna ideal para essa situação pós diferente dos demais fluidos ele tem uma temperatura de operação menor facilitando sua utilização, e diferente do sal, como UELLIGTON et al.,(2018) fala elevada temperatura de operação que, os sais fundidos alcançam, em geral vem acompanhada de uma elevada temperatura de fusão, fator bastante preocupante pelo comprometimento que todo o sistema poderá sofrer, caso o sal se solidifique nos tubos absorvedores, logo o sistema precisaria de um sofisticado sistema de controle que não se ver necessário para uma possível aplicação residencial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

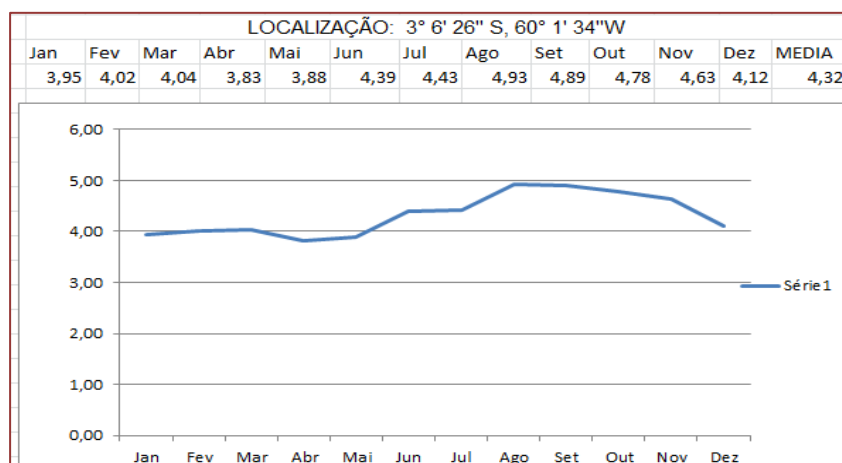
Cada estrutura de calha parabólica com um espelho gera anualmente 1,11MWh tendo como referência a Usina Hidrelétrica de Porto Primavera tendo em média diariamente a incidência 5,02 kWh/m² de irradiância conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1: Irradiância solar diária (KWh/M2) na área da usina de porto primavera



Fonte: adaptado de www.cresesb.cepel.br

Trazendo para Manaus temos uma queda de 11,95% do valor irradiância por metro quadrado, passando assim a temos um valor de irradiância de 4,42 kWh/m² como mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2: Irradiância solar diária (KWh/M2) na área de Manaus

Fonte adaptado de www.cresesb.cepel.br

Temos assim que cada estrutura gera anualmente 1,10 MWh, com as perdas de eficiência energética em 30% passamos a ter 770 kWh produzido anualmente por cada estrutura.

Para atender o consumo médio anual de uma casa, temos anualmente um consumo de 1,82 MWh assim se tem a necessidade da instalação de 3 calhas parabólicas para atender essa demanda, com todo o sistema ocupando a aproximadamente 15 m², contando com área ocupada para geração de energia elétrica, concentradores e receptores.

Com um custo de cada estrutura sendo em média 1200,00 R\$, com as bases de madeira e receptores de alumínio, o custo de produção fica em torno 1,55 R\$ por kWh, para cada estrutura com o tempo de retorno do valor investido em torno de 8 anos o retorno do projeto ficou acima ainda dos valores de produção fotovoltaica que de acordo com os dados da IRENA (Agência Internacional para as Energias Renováveis) de 2019 ficam em torno 0,36 R\$ por kWh com retorno do investimento em média de 5 anos. E ainda de acordo com a IRENA a produção heliotérmica comercialmente fica em torno de 0,98 R\$ por kWh, valores convertidos do dólar para o real usando a média da cotação do dólar em Novembro de 2022, corrigindo o valor de 2019 para 2022 com base no IPCA acumulado temos que a produção heliotérmica comercialmente fica em torno 1,20 R\$ por kWh. O sistema sem o armazenamento térmico mostra uma queda na sua eficiência como Guo e Nojavan, (2022) demonstra o sistema de concentração solar tem sua melhor performance quando acompanhado do armazenamento térmico, que permite reaproveita o calor para otimizar sua geração, fora que também permite a geração em tempos adversos, a diferença entre o valor encontrado pela IRENA e pelos resultados aqui apresentado pode ser explicado pela falta do armazenamento térmico que acaba que sua falta não permite otimizar a geração de energia, mas mesmo assim ainda se torna uma opção viável para geração de energia.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do artigo sendo uma alternativa para geração de energia elétrica para abastecimento de uma residência, demonstra a possibilidade, apesar de um custo mais

elevado que outras fontes de energia, de geração de energia de modo a suprir o consumo com retorno do investimento em torno de 8 anos, claro considerando que houve elevação do valor de perda energética que foi posta nos cálculos.

Apesar da possibilidade de gerar energia elétrica diretamente sem a necessidade de armazenar o calor, vale destacar que a eficiência do projeto se dá com a possibilidade da armazenagem do calor para geração futura, já que é mais fácil e barato armazenar energia térmica que energia elétrica, desde que seja feito um sistema de armazenamento térmico é possível aumentar a eficiência do projeto em 40%. O sistema também se mostra muito útil em áreas onde o clima apresenta temperaturas baixas ou temporadas de chuvas constante podendo ser usado para distribuir o calor para residências e sistemas de água, também é possível utilizar a energia térmica residual para manutenção de estufas.

REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL reforça protagonismo do Brasil em fontes renováveis no Energyyear 2022. Gov. Disponível em <<https://www.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/aneel-reforca-protagonismo-do-brasil-em-fontes-renovaveis-no-energyyear-2022>>. [Acessado 22 Novembro 2022].
- [2] Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 2022. Absolar. Disponível em<<https://www.absolar.org.br/>>. [Acessado 27 Novembro 2022].
- [3] Calderón, Alejandro e Barreneche et al, Concentrating Solar Power Technologies: A Bibliometric Study of Past, Present and Future Trends in Concentrating Solar Power Research. 2021, v. 7, n. 4 [Acessado 11 Novembro 2022]. Pp. 1-22. Disponível em; <<https://doi.org/10.3389/fmech.2021.682592>>. Epub. March- June 2021.
- [4] Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2022. Cptec. Disponível em <<https://www.cptec.inpe.br/>>. [Acessado 23 Novembro 2022].
- [5] CESPE Projeto P&D Termosolar. Fgvenergia,2022. Disponível em <https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/arquivos/painel_luis_alexandre_-_ped_estrategico_heliotermica_cesp.pdf>. [Acessado 20 Novembro 2022].
- [6] Galvão, Jucilene e Bermann et al, CélioCrise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. Estudos Avançados. 2015, v. 29, n. 84 [Acessado 11 Novembro 2022], pp. 43-68. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200004>>. Epub May-Aug 2015.
- [7] Guia de seleção Fluidos de alto desempenho para controle preciso de temperatura. Therminol, 2022. Disponível em <<https://www.therminol.com/sites/therminol/files/documents/TFPOR6540.pdf>>. [Acessado 20 Novembro 2022].
- [8] Guo, Qun e Sayyad, Optimal performance of a concentrating solar power plant combined with solar thermal energy storage in the presence of uncertainties: A new stochastic p-robust optimization. 2022. V. 55. n. 3 [Acessado 29 novembro 2022]. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105762>>. Epub nov 2022.
- [9] Ian Wright, Christopher e Bembridge et al, CSP transfer fluids put to the test . 2015, v. 16, n. 3 [Acessado 12 Novembro 2022] . pp 24-42 Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S1755-0084\(15\)30074-0](https://doi.org/10.1016/S1755-0084(15)30074-0)>. Epub May-June 2015.
- [10] International Renewable Energy Agency, 2022. Irena. Disponível em <<https://www.irena.org/>>. [Acessado 27 Novembro 2022].
- [11] Kalogirou, Soteris A, Solar Thermal Systems: Components and Applications—Introduction. 2022 v. 3. n. 2 [Acessado 20 Novembro 2022]. pp 1 -25. Disponível <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819727-1.00001-7>>. Epub. 2022.
- [12] Li, Bo e Cantino, et al. Supplementary materials. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/309419346_Li_et_al_2016_Supplementary_materials>. Epub 2016 [Acessado 12 Novembro 2022].

- [13] Potencial Solar - SunData v 3.0, 2018. cresesb.cepel. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. [Acessado em 25 Novembro 2022].
- [14] Uelligton, Urbano e Castro et al. UTILIZAÇÃO DE SAIS FUNDIDOS NA GERAÇÃO SOLAR HELIOTÉRMICA. Anaiscbens. Disponível em <<https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/423>>. [Acessado 20 Novembro 2022].
- [15] Vignarooban, K e Xu et al. Heat transfer fluids for concentrating solar power systems – A review. 2015 v.146. n. 1 [Acessado 22 Novembro 2022]. Pp 383-396. Disponível <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.125>>. Epub. May 2022.
- [16] Zapparoli, Domingos, Energia do calor do sol. Revistapesquisa.fapesp. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/energia-do-calor-do-sol/>>. v. 1. n. 307. Pp. 72-75. Epub Set 2021 [Acessado 13 Novembro 2022].

Capítulo 13

Dimensionamento do sistema fotovoltaico on-grid para conexão à rede elétrica em uma instituição de ensino

Rafael Murilo Folgosa Cruz

Livia da Silva Oliveira

Renato Rodrigues da Silva

Resumo: Uma parcela considerável da produção de energia elétrica no mundo é proveniente de fontes poluentes e que causam grande impacto ambiental. Cada vez mais o mundo tem se conscientizado para este problema, uma vez que a produção de energia está intimamente relacionada com a destruição do meio ambiente e a escassez das fontes de energia não renováveis. Devido à preocupação com a preservação do meio ambiente e a procura por menores gastos no consumo, se faz necessário a busca por fontes alternativas para a geração de energia sustentável no Brasil, como o sistema fotovoltaico. O objetivo geral do trabalho é demonstrar, por meio de um estudo de caso, um dimensionamento de sistema fotovoltaico ligado em rede em uma instituição de ensino e a economia com uso da energia solar como fonte de energia pode proporcionar. Para isso foi realizado um estudo de caso a fim de discutir acerca da temática. Conclui-se que todo esse estudo foi de grande importância para projetos na área de sistemas fotovoltaicos, trazendo melhoria para esse sistema, de fácil acesso aos profissionais. Espera-se que o estudo continue a se desenvolver trazendo sustentabilidade, prática e facilidade de acesso a todos os públicos, e para todos os tamanhos desse conjunto.

Palavras-chave: Energia renovável; engenharia elétrica; sistema fotovoltaico.

1. INTRODUÇÃO

A geração de energia solar tem sido cada vez maior comum no nosso país. A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR, está prevendo para este ano o maior aumento do mercado em uma década. No primeiro semestre deste ano, teve um crescimento de trinta por cento de giga watts instalados em relação aos meses de julho a dezembro do ano passado, de acordo com ABSOLAR (2022). A expectativa é que em 2022 terminem o ano mostrando a maior expansão do mercado de matriz energética por consequência gerando mais empregos nesta área. O que ajuda a explicar esse crescimento, são os longos prazos no financiamento para a compra e instalação dos painéis fotovoltaicos, além do atrativo custo benefício que em cerca de cinco anos praticamente recupera todo o dinheiro investido.

Devido à preocupação com a preservação do meio ambiente e a exigência de baixos custos de consumo, faz-se necessária a busca por outras fontes de produção de energia sustentável onde no Brasil, além de apresentar diversas fontes, há também uma grande potência no sol raios que auxiliam na produção e conversão em energia elétrica através do sistema fotovoltaico (NASCIMENTO, 2017).

A busca por esse tipo de energia passou a ser cada vez maior devido ser vista como limpa além de sustentável, que usa como fonte um dos recursos que temos de mais abundante chegando no nosso planeta o sol. E o nosso país tem uma grande oportunidade de aproveitar esse recurso tendo em vista a incidência de radiação solar ser gigantesca em nossa região o que tende a ser, um investimento que resultaria em um grande retorno financeiro, por isso talvez a busca cada vez mais crescente.

A energia fotovoltaica é captada pelas placas solares e segue para o inversor solar, sendo transformada de corrente contínua em corrente alternada e, para então, ser distribuída para o local de destino. Esse tipo de sistema de geração de energia também não requer um cuidado de manutenção exaustiva, não emite ruídos e sua matéria-prima é inesgotável, as estruturas de captação chegam a durar até 25 anos. A economia proporcionada pode chegar até 95% do consumo da conta de luz, tornando esse um ótimo investimento de médio e longo prazo.

O objetivo desse trabalho foi demonstrar, por meio de um estudo de caso, o dimensionamento de um sistema on-grid em uma instituição de ensino mostrando a economia que pode ser obtida com a utilização desse método.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O local para o estudo de caso proposto foi uma instituição de ensino privada de baixa tensão, no qual é um empreendimento localizado na região no norte do município de Manaus, sua estrutura conta com: 10 salas de aulas, quadra de esporte, espaço recreativo e área pra estacionamento, totalizando uma área total de 826 m² (oitocentos e vinte seis metros quadrados) o local comporta cerca de 250 alunos na parte da manhã e 250 na parte da tarde, não funciona pela noite, tendo seu funcionamento a plena capacidade compreendido somente nos turnos matutino e vespertino.

Para este estudo de dimensionamento foi feito um levantamento buscando entender o consumo mensal tendo como base os dozes meses do ano de 2021 da instituição de ensino privada, visando identificar o consumo médio mensal para o dimensionamento de painéis fotovoltaicos.

A instituição de ensino é um local que está em constante funcionamento por isso o consumo de energia elétrica é tão alto, aumentando assim os custos financeiros para manter uma instituição de ensino em funcionamento, em um momento onde se busca eficiência energética e diminuição de gastos sempre seguindo as orientações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.

Segundo Santos e cols (2017), buscar formas de gerar eletricidade para utilizá-la de forma eficiente e reduzir os impactos ambientais coloca os sistemas fotovoltaicos entre os melhores, pois a energia do sol é renovável e disponível, e sua instalação não causa efeitos ambientais negativos, ao contrário da hidroeletricidade.

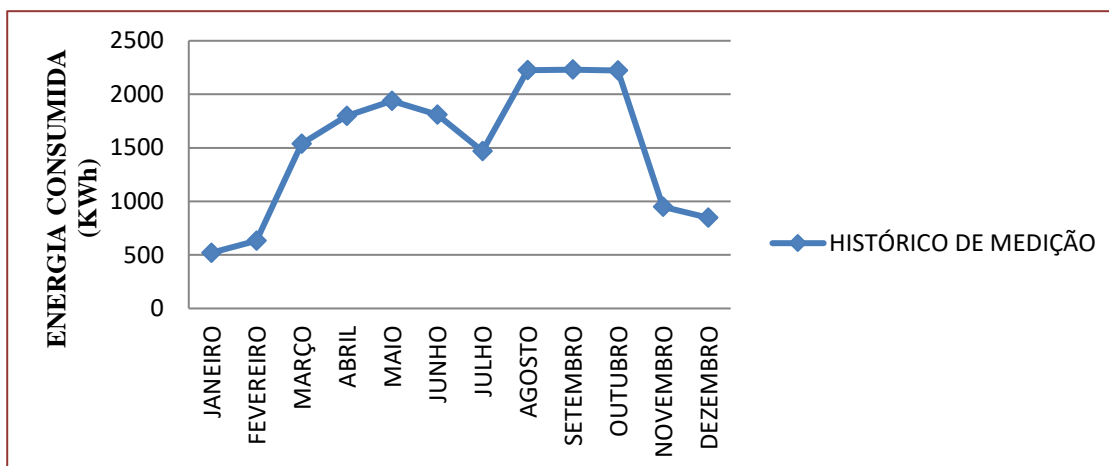
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O dimensionamento visa a adequação a capacidade de geração de energia com o consumo demanda requerida, dessa maneira, é proposto um conjunto de equipamentos que, além de atender as normas, irão de maneira eficiente realizar a conversão da luz solar em energia elétrica utilizando um sistema conectado na instituição de ensino a qual foi realizado o estudo de caso.

O sistema de geração de energia solar fotovoltaica pode ter sua eficiência comprometida por fatores que interferem o processo, por isso é necessário realizar um estudo e um projeto prévios com a finalidade de atingir a máxima eficiência dos painéis fotovoltaicos, JUNIOR (2021). Neste caso, o Brasil apresenta um potencial de radiação solar favorável para a implementação de sistemas fotovoltaicos para a geração de eletricidade. A relação da incidência solar é de 50.000 vezes o gasto de energia pelo país, o que evidencia que a utilização da energia solar é mais do que capaz de suprir a demanda brasileira. Os países europeus, embora apresentem a intensidade de irradiação inferior à do Brasil, já utilizam o sistema de geração fotovoltaica de forma significativa (PORTAL SOLAR, 2021)

3.1. LEVANTAMENTO DE CARGA

De acordo com o levantamento realizado, baseando-se no consumo dos 12 meses do ano de 2021, conforme Gráfico 1, foi possível observar uma oscilação grande no consumo entre alguns meses nessa instituição de ensino, devido ao funcionamento ser baseado no ano letivo de 200 dias conforme Lei de Diretrizes Bases da educação nacional (LDB). Conforme Ribeyre (2022), ressalta a importância de se gerar mais energia elétrica do que o limite estabelecido para consumo, definindo um período, onde a produção de energia elétrica deve ser maior do que a demanda elétrica a ser atendida. Esse levantamento pode ser feito a partir da quantificação do consumo dos equipamentos elétricos, quantificados a partir da potência elétrica, tempo de funcionamento do equipamento e os dias de utilização. É importante que esse levantamento seja feito pelo menos com 12 meses de consumo, para se ter uma idéia da variação de consumo do local podendo assim ter um cálculo mais preciso para um dimensionamento eficiente.

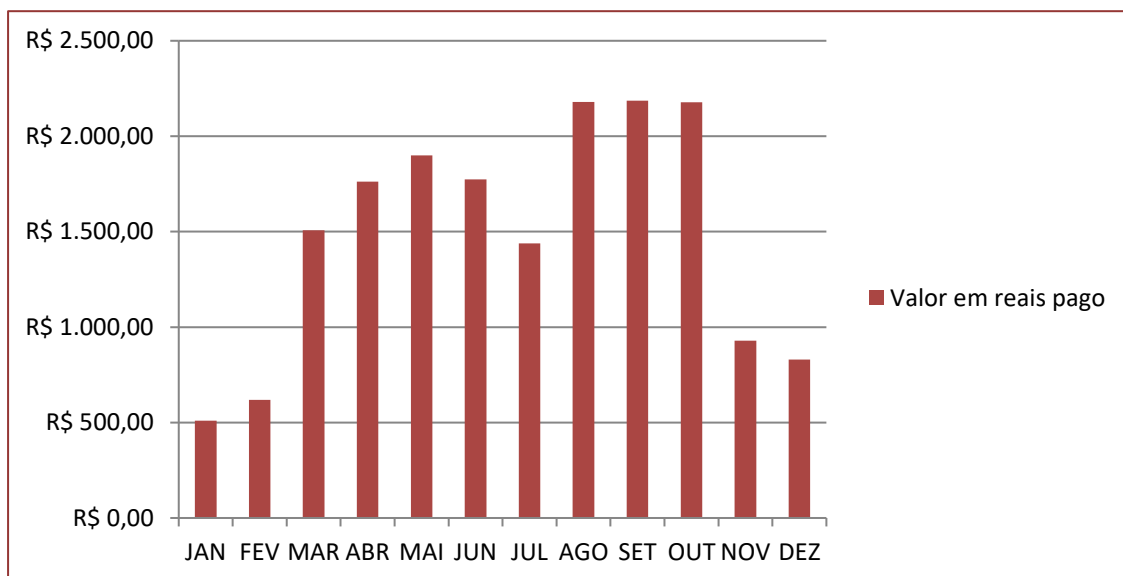
Gráfico 1: Histórico de Medição ano 2021

Fontes: Autores (2022)

De acordo com Lage (2021), sabendo a quantidade de energia estimada de geração, determina-se a potência de pico do projeto, que é a soma das potências dos módulos, relacionando a com o índice de irradiação do local da instalação, a potência de cada módulo e a quantidade de dias no mês. Além disso, deve-se multiplicar pelo rendimento do sistema, o qual depende de diversos fatores, tais como direção e inclinação do telhado, sombreamento e possibilidade da existência de dias totalmente nublados.

3.2. DIMENSIONAMENTO

Com base nos dados mensurados é possível verificar o consumo de energia no decorrer do ano de 2021. E os valores gastos com a energia na instituição de ensino estão disposto no Gráfico 2. Os valores apresentados ajudam a identificar que em meses que há poucos dias letivos o consumo reduz bastantes levando em conta que no uso das cargas instaladas, o seu principal consumidor, os ar condicionados, não estão todos em funcionamento o que altera o consumo substancialmente como é o exemplo dos meses de dezembro janeiro e fevereiro 2021, que marcam o fim e início do ano letivo, também foi observado o consumo elevado no meses de agosto, setembro e outubro, que marcam o período mais intenso do verão amazônico com picos de temperatura, com isso os ar condicionados trabalham com maior intensidade também para amenizar a temperatura o que explica essa oscilações do consumo.

Gráfico 2: Valor pago pela demanda consumida

Fontes: Autores (2022)

De posse dos dados de consumo de janeiro a dezembro de 2021, foi estabelecido o consumo médio $C_m = 902,00$ KWh com essa análise verificou se que a instituição de ensino possui consumo abaixo da média em alguns meses do ano e em meses mais quentes tende a ser mais atenuados, foi feito levantamento das horas de sol pleno – HSP; 4,33h de sol pleno (SUNDATA-CRESESB, 2021). Com base nesses números foi determinado consumo médio diário, e calculado a potência necessária para o dimensionamento do gerador fotovoltaico assim como o número de módulos e inversor solar para atender 100% da demanda consumida, projetando assim os custos com implantação e equipamentos para instalação.

3.3. AVALIAÇÕES DE RECUPERAÇÃO DE INVESTIMENTO

De acordo com Junior e Bezerra (2018), para a realização desta análise econômica sempre deve ser levado em consideração os custos com inversores de corrente, painéis fotovoltaicos, estruturas de montagem e também o gasto com a implantação do sistema. Após a instalação do sistema fotovoltaico e baseado nos valores no maior consumo proporcional, estima-se que em 4,5 anos o retorno financeiro investido esteja de volta conforme Tabela 1, gerando um lucro para os anos subsequentes que podem ser investidos em outros setores na instituição.

É importante mencionar que os valores e dimensionamento dos equipamentos, como placas inversores e condutores foram estimados por meio de um levantamento feito on-line com ajuda do site AldoSolar e o gerador escolhido foi o GF 19, 32KWP JIMKO TIGER, 460 W MID 15KW 2M PPT TRIFASSICO.

De acordo com Marini (2019), na análise econômica, primeiramente deve ser definido o gasto no início do projeto de cada alternativa sempre considerando que os investimentos são concentrados no ano do começo da implantação, o custo total é obtido através da soma dos investimentos de cada parte do sistema, levando em conta que o sistema fotovoltaico on-grid, são: sistema gerador e inversor.

Tabela 1: Dados técnicos

PGFV	18706 WP
Nº MOD	36
Nº STR	2
PGFVref	19.320 WP
CUSTO EQUIPAMENTO	63.859,00
CUSTO FINAL COM INSTALAÇÃO	83.000,00
ECONOMIA ANUAL	17.741,00
ECONOMIA MENSAL	761,68
RETORNODO INVESTIMENTO	4,5 ANOS
PROJEÇÃO DE ECONOMIA MENSAL NA CONTA DE ENERGIA	82%

Fonte: Autores (2022)

Conforme Junior e Bezerra (2018), o potencial de geração de energia fotovoltaica deve ser utilizado pelo fato de que os métodos tradicionais de geração de energia estão se tornando cada vez mais agredindo e prejudicando o nosso meio ambiente, tornando assim mais indispensável a e inevitável a escolha de uma matriz elétrica limpa.

Para Ribeyrete (2020), essa busca pelo estabelecimento de formas de geração de energia alternativas se deve a busca pela diversificação da matriz energética, pois a geração de energia elétrica convencional se dá de modo centralizado e bem distante do ponto de consumo, desencadeando perdas na distribuição, elevando os custos da produção da energia e, também, ao meio ambiente.

Atualmente, a energia fotovoltaica se tornou uma opção mais viável e competitiva em questão de preço para gerar energia limpa e renovável no mercado brasileiro, além disso, promove as famílias uma diminuição nos gastos e o criando um aumento no setor de produção do nosso país e trazendo competitividade. Sob tal perspectiva, a produção de energia renovável tem como propósito: a sustentabilidade a segurança energética, além do maior controle sobre o insumo energia. Além disso, a produção de energia renovável tem como objetivo ter um diferencial competitivo (ALVES, 2019).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o dimensionamento se torna sustentável pois se paga ao longo do processo levando em conta o tempo de duração do equipamento e a manutenção não gerar muitos custos, tornando o sistema eficiente e gerando energia limpa ajudando o meio ambiente o que atrair mais busca e desenvolvimento para este sistema, de fácil acesso.

Apesar de um elevado custo para implantação ser um ponto negativo para essa tecnologia, o presente projeto mostrou que para o consumidor final é possível se obter o retorno do investimento e conseguir rentabilidade ao longo da vida útil do sistema. O que mostra ser benéfico que esse método seja aplicado não somente para redes privadas de ensino assim também como para redes públicas gerando economia aos cofres públicos que pode ser investida em outros setores impulsionando cada vez mais nossa educação que tanto necessita de investimento.

REFERÊNCIAS

- [1] ALDO SOLAR. Simulador de gerador, Calculador solar. Disponível em: <https://calculadorasolar.aldo.com.br/?_ga=2.252029196.420419273.1669831291-1342358287.1669831291> Acesso em: 12 de novembro de 2022.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (ABSOLAR), Entenda como funciona a energia solar fotovoltaica, 2022. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/o-que-e-energia-solar-fotovoltaica/>> Acesso em: 15 nov. 2022.
- [3] ALVES, M. O. Estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), João Monlevade, 2019. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2019/6/MONOGRAFIA_EnergiaSolarEstudo.pdf> Acesso em: 1 de nov. 2022
- [4] CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito / CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>> Acesso em: 05 out. 2022.
- [5] JÚNIOR, Luiz Alberto Wagner Pinto. Veja os fatores que influenciam na eficiência do sistema fotovoltaico. Disponível em: <<https://hccenergiasolar.com.br/energia-solar-em-pernambuco-conheca-as-vantagens-e-como-contratar/>> Acesso: em 11 de nov 2022.
- [6] JUNIOR, N.F.M e Bezerra F. M. Dimensionamento de um sistema fotovoltaico e análise de investimento para o instituto centro de ensino tecnológico, Encontro Nacional de Engenharia de produção (ENEGEP), Maceió, 2018. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_266_526_35547.pdf> Acesso em: 1 nov. 2022
- [7] MARINI, J. A. Sistematização do dimensionamento técnico e econômico de sistemas fotovoltaicos isolados por meio de programa computacional. Jaboticabal, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/JyWFW6SR3TgF5RdLJqjkVNj/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 1 nov. 2022
- [8] NASCIMENTO, R. ENERGIA SOLAR NO BRASIL: Situação e Perspectivas, 2017. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/32259>>. Acesso em: 06 nov. de 2022.
- [9] PORTAL SOLAR. Fontes de energias renováveis. Fontes de energia renováveis: tudo o que você precisa saber. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/fontes-de-energia-renovaveis.html>> Acesso em: 2 nov. 2022.
- [10] RIBEIRETE, S. Estudo da implantação de um sistema fotovoltaico em uma unidade de baixa tensão no município de Ibiporã-pr, Ibiporã, UTFPR, PR, 2019. Disponível em: <<https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25715/1/estudoimplantacaofotovoltaico.pdf>> Acesso em: 30 out. 2022.
- [11] SANTOS, D. R. et al. Energia solar fotovoltaica: um estudo de caso da aplicação no sistema de iluminação em uma instituição de ensino profissionalizante. Revista GEINTEC Gestão, Inovação e Tecnologias, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistageintec.net/wp-content/uploads/2022/03/p-3859-3875.pdf>. Acesso em: 31 out. 2022.

Capítulo 14

Análise da eficiência dos ônibus elétricos e sua viabilidade econômica como transporte coletivo na cidade de Manaus-AM

Renan Castro de Siqueira

Alexandra Amaro de Lima

Hamilton de Assis Ferreira Junior

Livia da Silva Oliveira

Resumo: O estudo realizou uma análise da eficiência dos ônibus elétricos na cidade de Manaus. Menciona-se que os objetivos específicos são: estimar a emissão de dióxido de carbono dos ônibus elétrico e por combustão, quantificar os custos de manutenção dos ônibus elétrico e por combustão, e comparar o consumo e o custo dos ônibus elétrico e por combustão. Este estudo trata-se uma análise da eficiência dos ônibus elétricos na cidade de Manaus. Os dados técnicos do ônibus elétrico foram disponibilizados por engenheiros da empresa responsável por montar os equipamentos, tendo uma sede na cidade de Manaus-AM. Após a implementação do sistema espera-se a redução dos impactos ambientais e oferecer um melhor custos-benefícios aos passageiros de Manaus, trazendo como consequência o valor cobrado ao usuário final que utiliza diariamente o transporte público. Em suma, o conteúdo desse estudo é essencial para enriquecer o conhecimento da área de transporte público, eficiência energética e impactos ambientais, tendo em vista a redução do custo-benefício e impactos ambientais gerados pelos veículos a combustão, podendo assim gerar novos projetos como o que já está em aprovação para o ano de 2021 para a implantação de 10 ônibus elétricos para a cidade de Manaus.

Palavras-chave: Transporte coletivo; ônibus elétrico; economia; sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Grandes cidades continuam crescendo a um ritmo importante e a demanda interna por transporte faz na mesma medida, tornando-se uma questão de preocupação para os governos locais. Se nenhuma ação clara for fornecida para o transporte por estrada, desde que o consumo de energia aumente consideravelmente em 70%. Esta situação é uma nova janela para priorizar a eficiência energética que é necessário para o transporte. Resolver problemas de transporte vai além de diminuir o uso de combustíveis, mas em vez disso focar em diferentes ações políticas públicas e que foram efetivadas em algumas cidades (JIMÉNEZ, ROBERTO, 2021).

O número de automóveis passou de pouco mais de 24,5 milhões, em 2001, para 50,2 milhões, em 2012. Isso significa que a quantidade de automóveis exatamente dobrou, com um crescimento de 104,5%. Em toda a série histórica, merece destaque o aumento de 3,5 milhões de automóveis no ano de 2012 (MARICATO, 2017).

Para as pessoas que possuem veículos próprios a alternativa é o transporte público, que pode ser definido como um sistema de transporte de passageiros disponível para quaisquer pessoas em quaisquer restrições, desde que cumpridas as condições de um operador como pode ser o pagamento do serviço. Eles podem ser de propriedade pública ou privada e operados por geralmente em horários e rotas normalmente definidas pelo governo (RECK, 2015).

Uma das alternativas é alcançar a eficiência por meio da eficiência do veículo com base na implementação de novas alternativas como combustíveis ecológicos, otimizando o uso do veículo, campanhas com técnicas de direção, uso de motores híbridos e até elétricos, políticas e regulamentos para a fabricação de veículos com melhor tecnologia para evitar o desgaste combustível (IPEA, 2015).

As políticas de transporte público nas cidades devem ser orientadas para torná-lo mais atraente para os usuários viajarem em sistemas de transporte com a ajuda do planejamento de faixas exclusivas, integração de serviços de transporte, tarifas de uso para todo o corredor ou, por sua vez, fomentando desincentivos ao uso de veículos com poucos passageiros como medidas de restrição de veículos, tarifação rodoviária em áreas de maior aglomeração de veículos, impostos sobre combustíveis. Por outro lado, quanto à mobilização não motorizada envolve a implementação de redes expandidas de ciclovias, estacionamento de bicicletas, infraestrutura para pedestres e ciclistas (MARICATO, 2017).

O uso de ônibus convencionais é um tipo de transporte muito ultrapassado, onde estamos destruindo nosso planeta e ameaçando o futuro da vida da humanidade. Sabe-se que o petróleo não irá durar para sempre, em alguns países já estão pensando em um meio de subsistir sem prejudicar o desenvolvimento da sociedade. Além disso, despesas com o combustível, esgotamento de combustíveis fósseis, externalidades de saúde e mudanças climáticas são preocupações que incentivam o uso de veículos elétricos, pois a fonte de energia é da radiação solar que nunca vai acabar, sem prejudicar nossa saúde (BRITO, 2013).

As principais desvantagens desses combustíveis fósseis é que eles não são ecologicamente corretos e são de fontes esgotáveis. Ainda, existem fontes renováveis que são mais baratas que o petróleo e, ainda ajuda a preservar o nosso planeta evitando a poluição e emissão de gases tóxicos no ar (BLOG SOLAR, 2020).

Este contexto torna possível posicionar a eletromobilidade como uma tecnologia chave para ser capaz de reduzir as emissões de CO₂ e gases de efeito estufa, se acompanhada por uma matriz energética renovável como a que será proposta no futuro com o plano energético atual descarbonização, cujo objetivo é o fechamento de todas as usinas a carvão no ano 2040. O transporte elétrico traz uma série de benefícios, como a ausência de emissão de gases poluentes por veículos, nível de ruído reduzido, baixos custos de operação e manutenção

Tudo isso se deve aos motores elétricos que têm eficiência de 90% contra cerca de 30% dos motores a combustão, o que significa também um rendimento maior, justamente porque a energia elétrica não pode ser perdida, e sim transformada. Em uma freada, por exemplo, essa força seria convertida para as baterias e isso aumentaria a capacidade para que esses ônibus possam rodar por mais alguns minutos ou horas, dependendo da quantidade de carga das baterias (PINTO, 2019).

Os veículos elétricos são identificados como uma solução chave para transporte público livre de combustíveis fósseis, e um trampolim para sustentabilidade total. Vários estudos de avaliação do ciclo de vida também descobriram que os impactos ambientais do ciclo de vida são menores quando comparado aos ônibus combustíveis fósseis (LIMA, DA SILVA, NETO, 2019). Os ônibus elétricos alimentam o motor elétrico por meio de baterias que podem ser carregadas na rede elétrica convencional, pontos de carregamento específicos, ou eles podem ser substituídos por um novo conjunto de baterias totalmente carregadas (SANTANA, SAMPAIO, 2021).

Os sistemas de transporte eletrificados reduzem significativamente as emissões locais de poluentes, otimizam o consumo de energia dos recursos primários, devido à alta eficiência dos motores elétricos, e minimizam a poluição sonora nas ruas. A eletrificação do transporte de pessoas e mercadorias, nas cidades e entre as cidades, é um dos maiores desafios no atual processo de transformação do modelo energético (RÍOS VILLACORTA et al., 2018).

Ônibus elétricos, especialmente ônibus elétricos a bateria, podem reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e poluentes atmosféricos se combinados com eletricidade descarbonizada. Para obter uma adoção mais ampla, os ônibus elétricos devem atingir um preço mais baixo e maior eficiência operacional em comparação com seus equivalentes a diesel. Além disso, seu alcance operacional mais curto e tempo de carregamento longo também representam desafios práticos. Atualmente, um ônibus elétrico com bateria grande (por exemplo, baterias LFP de 324 kW · h) é 2 ~ 3 vezes mais caro do que um ônibus convencional e seu longo tempo de carregamento significa que mais de um ônibus elétrico é necessário para atingir o mesmo serviço de um ônibus a diesel (ZHANG et al., 2017).

Portanto, é adequado buscar soluções que amenizem a situação ambiental e mobilidade na cidade de Manaus, tal como propõem as grandes cidades, tornando-se necessária a realização de estudos de sistemas de transporte coletivo que respeitem o meio ambiente e que possam prestar um serviço de qualidade. Assim, este trabalho apresenta uma metodologia de planejamento para a avaliação da economia com a inserção de ônibus elétricos em vias públicas de Manaus, em especial em serviços de transporte público.

Devido aos benefícios expostos explica-se que a relevância da pesquisa está em evidenciar como os ônibus elétricos podem ser opções mais eficientes quando

comparados a ônibus movido a combustível fóssil na cidade de Manaus traz economia para a sociedade, e influência o meio ambiente.

Aponta-se que o objetivo geral da pesquisa é realizar uma análise a eficiência dos ônibus elétricos na cidade de Manaus. Menciona-se que os objetivos específicos são: evidenciar os problemas gerados pelo uso de combustível fóssil em transportes públicos; analisar o consumo médio do combustível usado no transporte público; destacar como os ônibus elétricos pode reduzir na emissão de gases na atmosfera.

Este estudo trata-se uma análise da eficiência dos ônibus elétricos na cidade de Manaus. Os dados técnicos do ônibus elétrico BYD D9A 20.410 – PADRON PISO ALTO, foram disponibilizados por engenheiros da empresa BYD, a qual tem a responsabilidade por montar os equipamentos, tendo uma sede na cidade de Manaus, responsável por fabricar as baterias utilizadas no veículo, combustível responsável pela propulsão do veículo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo trata-se uma análise da eficiência dos ônibus elétricos na cidade de Manaus. Os dados técnicos do ônibus elétrico BYD D9A 20.410 – PADRON PISO ALTO, foram disponibilizados por engenheiros da empresa BYD, a qual tem a responsabilidade por montar os equipamentos, tendo uma sede na cidade de Manaus, responsável por fabricar as baterias utilizadas no veículo, combustível responsável pela propulsão do veículo.

No Brasil, empresa a *Build Your Dreams* (BYD) abriu sua primeira fábrica em 2015 para produção de chassis de ônibus elétricos e comercialização de veículos e empilhadeiras em Campinas, interior de São Paulo. Em 2020, a BYD iniciou a operação de sua terceira planta fabril no País, em Manaus, para a produção de baterias.

Chassi desenvolvido para aplicação urbana para carrocerias com até 13,2 metros de comprimento, modelo piso alto. Desenvolvido com suspensão pneumática dianteira e traseira, o que proporciona maior conforto para os passageiros.

Figura 1: Chassi do ônibus elétrico BYD D9A 20.410 – PADRON PISO ALTO



Fonte: BYD (2021)

As principais características do Motor BYD-2912TZ-XY-A Integrado em cada uma das rodas do eixo traseiro, contando com um módulo de controle eletrônico de tração. Chassi tubular que não necessita alongamento para carrocerias até 13,2 metros. Estrutura constituída por materiais de alta resistência a torção e a flexão. Freios a disco com ABS e sistema regenerativo, proporcionando maior segurança e autonomia ao veículo. Suspensão pneumática Integral - conforto aos passageiros e motorista. Coluna de direção regulável - permita a regulagem de acordo com as características de cada motorista, melhorando a ergonomia. O Quadro 1 apresenta as especificações técnicas do motor do modelo BYD 2912TZ-XY-A.

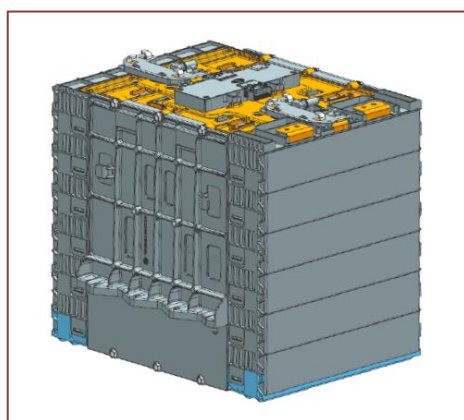
Quadro 1: Especificações do motor

Tipo	Motor síncrono de ímãs permanentes
Modelo	BYD 2912TZ-XY-A
Potência máxima	2 x 150 kW (2 x 201 cv)
Potência nominal	2 x 110 kW (2 x 148 cv)
Torque máximo	2 x 550 Nm (2 x 56 kgf.m)
Torque nominal	2 x 400 Nm (2 x 41 kgf.m)
Rotação máxima	10.000 rpm
Relação de transmissão	1:22

Fonte: BYD (2021)

Os componentes essenciais em um sistema de transmissão dos ônibus elétricos são as baterias. Atualmente, são utilizados dois modelos de bateria nos ônibus elétrico BYD, produzidas no polo industrial de Manaus, que é o Módulo de Bateria C15-14SYL e C15-12SYL (Figura 2).

Figura 3 - Módulo de Bateria C15-14SYL e C15-12SYL



Fonte: BYD (2021)

O Módulo de Bateria C15-14SYL usa fosfato de ferro-lítio como material de eletrodo positivo, que possui uma excelente segurança, ciclo de vida longo, bom desempenho em temperatura, alta densidade de energia, econômica e não poluente.

O Módulo de Bateria C15-12SYL usa fosfato de ferro-lítio como material de eletrodo positivo, que possui uma excelente segurança, ciclo de vida longo, bom desempenho em temperatura, alta densidade de energia, econômica e não poluente.

O Quadro 2 apresenta a função de cada bateria para qual foram desenvolvidas.

Quadro 1: Função

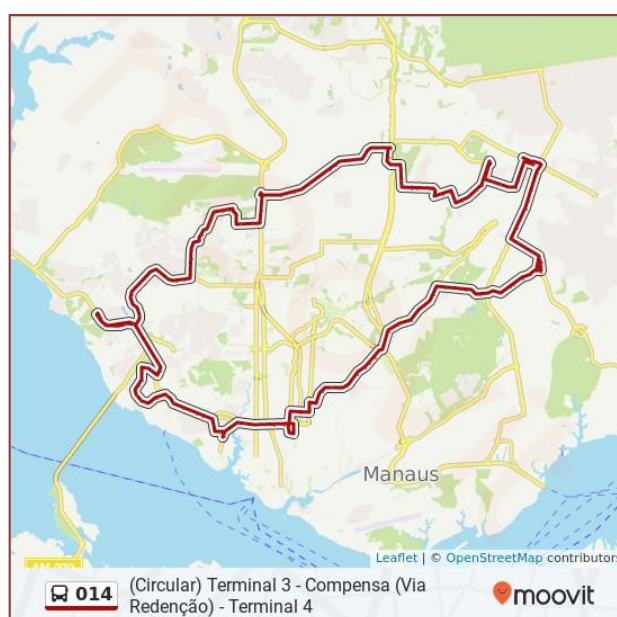
Módulo de Bateria C15-14SYL	Módulo de Bateria C15-12SYL
Este módulo de bateria é composto por 12 células chamadas C15.O invólucro é composto de PPO e liga de alumínio denominada ADC12 cujo grau de retardante de chama é V0	Este módulo de bateria é composto por 14 células chamadas C15.O invólucro é composto de PPO e liga de alumínio denominada ADC12 cujo grau de retardante de chama é V0

Fonte: BYD (2021)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo teve como intuito análise a eficiência dos ônibus elétricos na cidade de Manaus, assim foi realizado uma comparativo das emissões atmosféricas, desempenho e consumo, custo de manutenção e compra. Para realizar tal comparativo foi realizado uma analisa da linha de ônibus 014 que percorrer 100 km em um único trajeto que inicia e finaliza seu trajeto no terminal 3 de Manaus. A Figura 3 apresenta a trajetória da linha de ônibus.

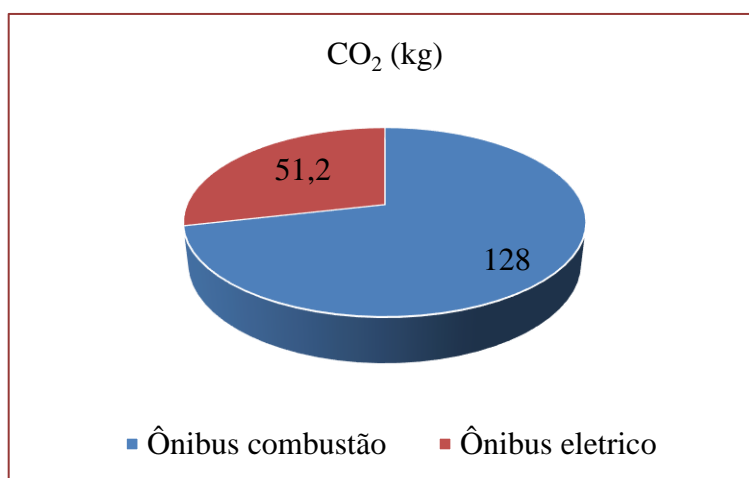
Figura 4: Mapa do itinerário da linha 014 de ônibus



Fonte: Moovit (2021)

Segundo Carvalho (2011) estima-se que um ônibus lance na atmosfera 1,28 kg de CO₂ por quilométrico. Assim, com base nos 100 km percorrido pela linha 014 realiza-se os cálculos comparativos entre ônibus elétrico e combustão com relação a emissão CO₂ (Gráfico 1)

Gráfico 1: Comparação entre ônibus elétrico e combustão com relação a emissão de dióxido de carbono (CO₂) para 100 km percorrido



Fonte: Autores (2021)

O Gráfico 1 mostra que a emissão de CO₂ do ônibus de combustão é de 128 kg em um trajeto de 100 km, mas o elétrico emite na atmosfera 51,2 kg. Através desse resultado compreende-se que existem uma redução de aproxima de 42,85% na redução de poluentes na atmosfera.

Portanto, é importante destacar também os benefícios deste meio de transporte para a população e para o meio ambiente, pois as empresas BYD e Marcopolo, fabricantes do veículo afirmam que cada o veículo cem por cento elétrico deixa de despejar na atmosfera 76,8 toneladas de CO₂. A economia equivale ao plantio de 343 árvores.

Portanto, uma solução seria a implantação de ônibus elétricos no transporte público. Bazani (2016) aponta que os ônibus elétricos menos emissão de gases poluentes, são silenciosos, têm a despesa de manutenção menor que a dos ônibus a diesel, e podem ser recarregados em energia solar, deixando ainda mais barato o consumo.

Políticas específicas de mitigação que possam reduzir as emissões de gases efeito estufa nas cidades e resultar em co-benefícios para a saúde referem-se principalmente às medidas nas áreas de transporte e energia, entre elas, a geração de energia de fontes renováveis ou de outras fontes de baixo carbono ao invés de combustíveis fósseis.

Através de informações obtidas com especializadas da empresa BYD atuantes em Manaus tabula-se o consumo por Kwh (ônibus elétrico) ou Litro do Diesel (ônibus de combustão) com relação aos 100 km percorrido em um trajeto do 014, conforme Quadro 3.

Quadro 2: Consumo por unidade consumida ou 100 km/dia litros de diesel ou Kwh

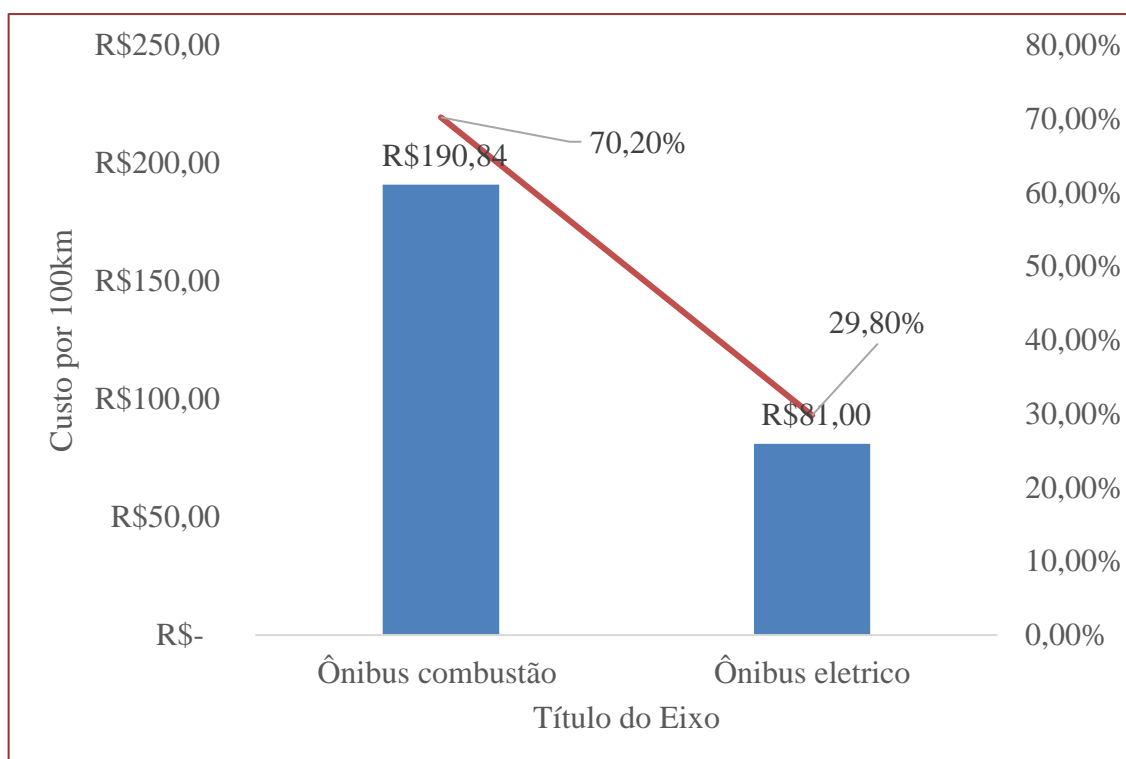
Consumo		
	1 Litro ou Kwh	100 km
Ônibus combustão	2,6 Litro	38,17 litro
Ônibus elétrico	0,60 Kwh	60 Kwh

Fonte: Autores (2021)

O Quadro 3 estima que os ônibus por combustão utilizam 1 l de diesel para cada 2,62 km, ou seja, para 100 km é necessário um consumo de 38,17 de litro de diesel. Já os ônibus elétricos fazem o mesmo percurso precisando 0,68 Kwh. ou seja, para 100 km é necessário um consumo de 60 quilowatts.

Para verificar esses resultados em custos financeiros, realiza-se cálculos considerando o valor do diesel e do kilowatt (kW) atualmente na cidade de Manaus, que são, respectivamente: Diesel: R\$ 5,00/litro¹ e Kilowatts: R\$ 1,35²

Diante do valor do Kw e Diesel na cidade de Manaus, o Gráfico 2 apresenta o custo para 100 km, o equivalente um trajeto do ônibus 014.

Gráfico 2: Custo por 250 km (dia) entre ônibus elétrico e combustão

Fonte: Autores (2021)

Segundo informações fornecidas no gráfico acima, os ônibus por combustão precisam de R\$ 190,84 para realizar um percurso da linha 014 na cidade de Manaus,

¹ Cotação 29 de novembro de 2021

² Cotação 29 de novembro de 2021

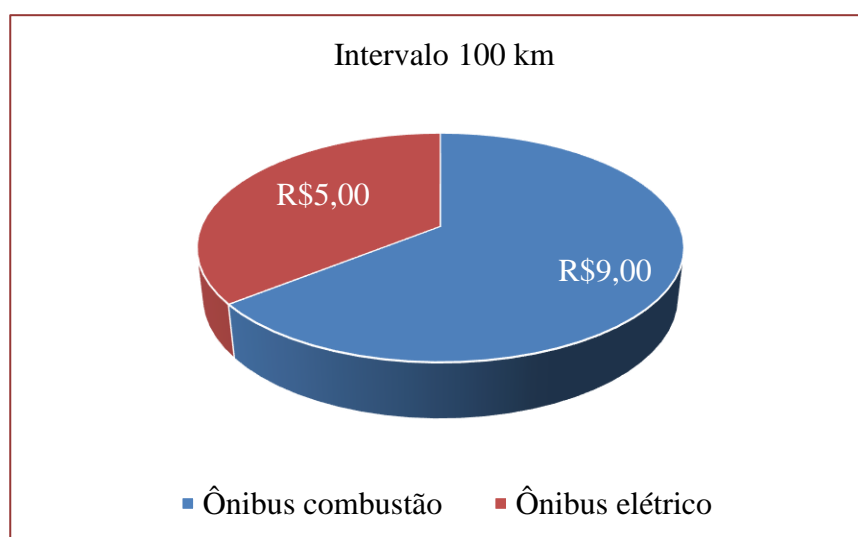
contudo ônibus elétrico, considerando o mesmo percurso, precisa de R\$ 81. Portanto, os transportes por meio de combustão são 70,20% mais oneroso para empresas prestadoras de transporte público na cidade, e esse valor é consequentemente repassado aos usuários de Manaus.

Além disso, segundo a Associação Nacional dos Transportes Públicos (ANTP) despesas administrativas configuram 4% da representatividade nos gastos das empresas de ônibus no Brasil. Em seguida, vem os gastos com peças e acessórios para os ônibus urbanos e os custos com depreciação dos coletivos, com 6% cada. A lista continua com os gastos com lubrificantes, rodagem e remuneração do capital imobilizado que ocupam 2% por insumo. Locação e custos ambientais representam 1% e 0,1%, respectivamente (ANTP, 2017).

Por conta disso os usuários do transporte público pagam a passagem muito cara, e, daí vem à necessidade de uma alternativa para melhorar o transporte público de Manaus sem deixar as empresas no prejuízo e nem fazer a população pagar por um serviço caro.

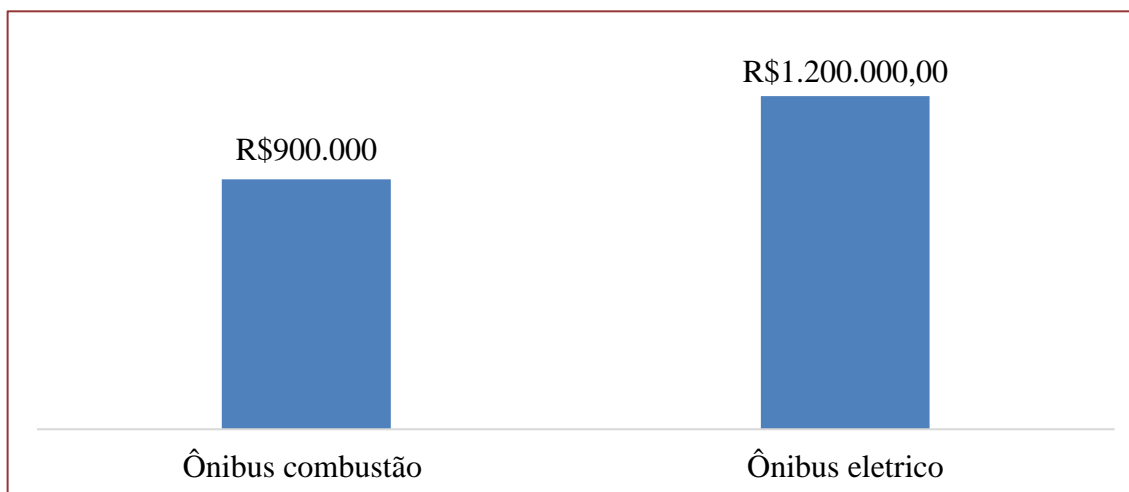
Através de dados obtidas com especializadas da empresa BYD estipula-se o custo de manutenção entre ônibus elétrico e combustão em um intervalo de 100 km, um dia em pleno funcionamento em Manaus, e os resultados são apresentados em Gráfico 3:

Gráfico 3: Custo de Manutenção



Fonte: Autores (2021)

Verifica-se através dos dados especificados em gráfico acima que o custo de manutenção dos ônibus por combustão, para 100 km em funcionamento, é R\$ 9,00. Porém estima-se que nesse mesmo percurso o valor de R\$ 5,00 é gasto no transporte públicos elétrico.

Gráfico 4: Valor de compra de uma unidade de ônibus elétrico ou de combustão

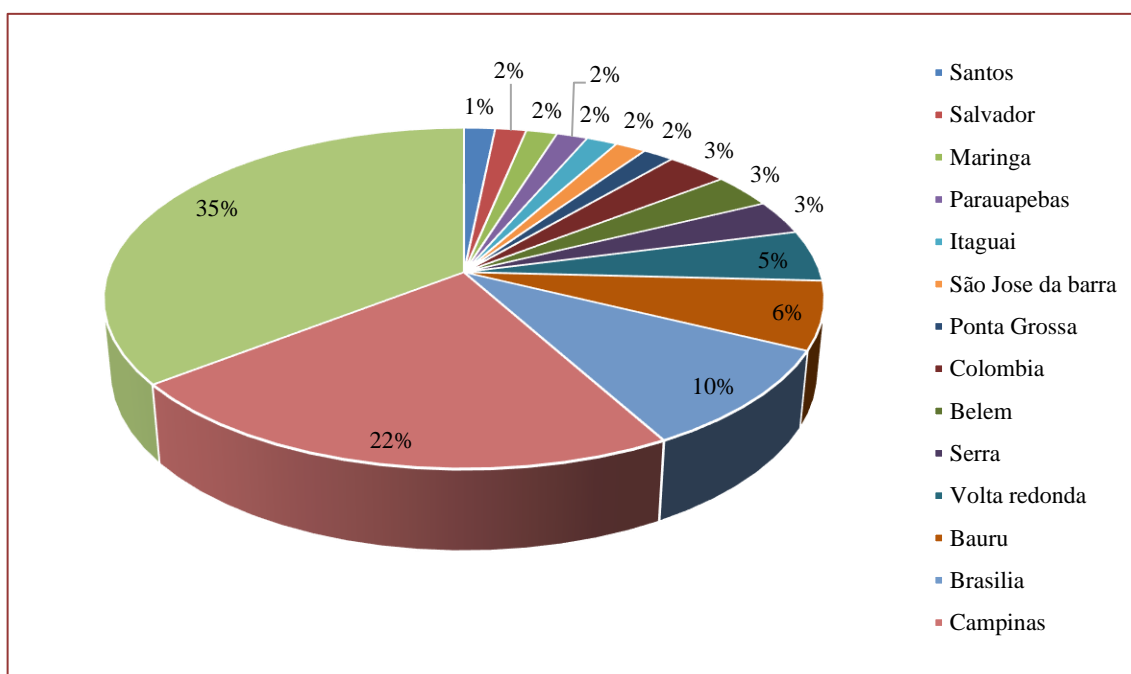
Fonte: Autores (2021)

Como evidenciado o custo de investimento de ônibus por combustão é entre R\$90 mil até R\$ 1 Milhão (M), mas o valor médio do ônibus elétrico se aproxima entre R\$ 1.2 M ~R\$ 1.6 M. Portanto, o custo de compra do transporte elétrico chega a ser 14,29% mais caro. Todavia, considerando, custo menor de manutenção, consumo e menor emissão de CO₂ na atmosfera os ônibus elétricos se tornam melhor opção para o transporte público de Manaus.

Segundo engenheiro da empresa, as baterias elétricas duram em média cinco anos e são os itens que mais pesam no preço de um ônibus elétrico, além dos custos de manutenção ser 25% a 50 % mais barato em comparação ao motor à combustão. Mas em vez de compras, a alternativa seria alugar, por meio de contratos de leasing com os próprios fabricantes. Isso reduziria o custo inicial em 60%, tornando o preço próximo aos convencionais a diesel.

Atualmente no Brasil existe 62 ônibus elétricos da marca BYD em funcionamento, conforme gráfico 1, esse processo acontece da seguinte maneira, os ônibus 100% elétrico, com cerca de 250km de autonomia, baixo custo de manutenção e não poluente certificado pelo ISSO 9001/2015 e ISSO 14001/2015 trazendo mais conforto e qualidade para os usuários.

Gráfico 5: Ônibus elétricos da marca BYD em funcionamento



Fonte: BYD (2021)

No Gráfico 5 verifica-se que 35,48% (n= 22) da frota de ônibus da marca BYD em funcionamento está em São Paulo, 22,58% (n = 14) está atendendo Campinas, e 9,68% (n= 10) estão em Brasília. Além disso, de acordo com o consultor da empresa está previsto a implementação de 11 ônibus em Manaus.

Os ônibus elétricos da marca BYD são comercializados oferecendo as seguintes vantagens: cinco anos de garantia para o trem de força: motores elétricos e caixa de redução; 100% elétrico, com baixo consumo energético; baixo custo de manutenção; autonomia de até 300 km; não poluente e silencioso; carregamento fácil em até quatro horas; e oito anos ou 500 mil km de garantia para a bateria.

As despesas com ônibus a diesel são altas pois, metade do investimento dos empresários são em mão obra que é de 52% que nesse caso seria para reparo de peças, troca de materiais, além do mais, esses tipos de ônibus tem um gasto muito grande por causa do combustível que chega a 25% do total das despesas (CARVALHO 2011).

Além dos benefícios acima exposto dos ônibus elétricos De Souza Lima, Da Silva e Neto (2019) afirmam que motores inteiramente elétricos possuem eficiência total em torno de 59% a 62%, enquanto os de combustão interna, de 17 a 21%.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a implementação do sistema espera-se a redução dos impactos ambientais e oferecer um melhor custos-benefícios aos passageiros de Manaus, trazendo como consequência o valor cobrado ao usuário final que utiliza diariamente o transporte público. Em suma, conteúdo desse estudo é essencial para enriquecer o conhecimento da área de transporte público, eficiência energética e impactos ambientais, tendo em vista a redução do custo-benefício e impactos ambientais gerados pelos veículos a combustão,

podendo assim gerar novos projetos como o que já está em aprovação para o ano de 2021 para a implantação de 10 ônibus elétricos para a cidade de Manaus. Conforme anúncio do Prefeito David Almeida.

Diante desses antecedentes, nos últimos anos, a mobilidade elétrica tem dominado as discussões do setor e parece ser uma realidade, apesar das várias limitações e barreiras que ainda estão identificados para implementação. Diante dessa realidade, é pertinente avaliar os custos e benefícios que seriam gerados com a troca da frota convencional por ônibus com tecnologia elétrica, tanto para prestadores de serviços quanto para o meio ambiente e a partir da análise, identificar incentivos potenciais a serem aplicados para dar um passo para a sustentabilidade ambiental.

No entanto, há uma série de desafios a superar para alcançar a implementação em larga escala de veículos elétricos: regulatórios, econômicos de operação, impacto no sistema elétrico, entre outros. No nível do sistema elétrico, a eletrificação do transporte significa um aumento na demanda de eletricidade que não deveria ser desconsiderado, em fica evidenciado que pode haver impactos relevantes na rede de média tensão.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). Custos dos serviços de transporte público por ônibus: método de cálculo / Coordenação geral de Antonio Luiz Mourão Santana; Coordenação técnica de Maria Olívia Guerra Aroucha; Apresentação de Ailton Brasiliense Pires. - São Paulo: ANTP, 2017.
- [2] BAZANI, Ademo. Um ônibus elétrico pode trazer economia de US\$ 39 mil por ano num sistema de transportes de grande porte (2017). Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2017/06/07/um-onibus-eletrico-pode-trazer-economia-de-us-39-mil-por-ano/>. Acesso em: 15 de nov de 2021
- [3] BAZANI, Ademo. Ônibus elétrico com energia solar já está em operação em Santa Catarina. (2016) Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2016/12/21/onibus-eletrico-com-energia-solar-ja-esta-em-operacao-em-santa-catarina/>. Acesso em: 15 de nov de 2021
- [4] Build Your Dreams (BYD). Produtos e soluções. Disponível em: <https://www.byd.com.br/sobre/>. Acesso em: 15 de nov de 2021.
- [5] BLOG SOLAR. Ônibus australiano movido à energia solar tem tarifa gratuita. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/onibus-australiano-movido-a-energia-solar-tem-tarifa-gratuita.html> . Acesso em: 15 de nov de 2021
- [6] CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. Emissões relativas de poluentes do transporte urbano. Boletim regional, urbano e ambiental, n. 11, v.5, 2011.
- [7] DE SOUZA LIMA, Gregório Costa Luz; DA SILVA, Gabriel Lassery Rocha; NETO, Genezio dos Santos Albuquerque. Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil. Revista dos Transportes Públicos-ANTP-Ano, v. 41, p. 2º, 2019.
- [8] BRITO, Silvia Valadares Avelar. O novo conceito de mobilidade urbana, diante dos limites do planeta e sua relação com as políticas de mudanças climáticas. ESDHC: Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, 2013.
- [9] CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA - 2011). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1578/1/td_1606.pdf. Acesso em: 15 de nov de 2021
- [10] Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2015). Impactos ambientais e econômicos dos veículos elétricos e híbridos plug-in: Uma revisão da literatura. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/121613/1/833842056.pdf>. Acesso em: 15 de nov de 2021
- [11] JIMÉNEZ, Santamaría; ROBERTO, Melvinn. Implicações econômicas e ambientais da conversão da

frota de ônibus a diesel para elétricos nas empresas que atuam no Distrito Metropolitano de Quito . 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. PUCE-Quito.

- [12] LIMA, Gregório Costa Luz de Souza; DA SILVA, Gabriel Lassery Rocha; NETO, Genezio dos Santos Albuquerque. Mobilidade elétrica: o ônibus elétrico aplicado ao transporte público no Brasil. Revista dos Transportes Públicos-ANTP-Ano, v. 41, p. 2º, 2019.
- [13] MARICATO, Ermínia. O impasse da política urbana no Brasil. Editora Vozes Limitada, 2017.
- [14] Moovit. Mapa do itinerário da linha 014 de ônibus. Disponível em: https://moovitapp.com/index/pt-br/transporte_p%C3%BAblico-line-014-Manaus-1743-859024-719927-0. Acesso em: 29 de nov de 2021
- [15] PINTO, Bruno David Pinto. Evolução da mobilidade elétrica associada à eficiência energética e ambiental num campus empresarial. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2019.
- [16] RÍOS VILLACORTA, Alberto et al. Implicaciones Energéticas y Medio Ambientales de la Integración de Autobuses Eléctricos en el Sistema de Transporte Urbano de la Ciudad de Ambato. Revista Politécnica, v. 42, n. 1, p. 25-36, 2018.
- [17] RECK, Garrone. Apostila transporte público. Departamento de Transportes da UFPR-DTT-Centro Politécnico s/n, Bloco V-Jardim das Américas, Curitiba, 2015.
- [18] SANTANA, Rherdan Lima; SAMPAIO, Ronaldo Alves. Viabilidade de implementação de ônibus elétrico no transporte coletivo de Goiânia. Pontifícia Universidade Católica De Goiás, 2021.
- [19] WILSON, Guilherme. Resultados do teste com o ônibus elétrico na cidade do Rio de Janeiro (2014). Disponível em: http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2015/06/12/3381A2D9-7DCF-4960-981F-009AF43DCE92.pdf. Acesso em: 20 de nov de 2021
- [20] ZHANG, Xiaobin et al. Sistemas híbridos de baterias de fosfato de ferro e lítio e sistemas de baterias de titanato de lítio para ônibus elétricos. IEEE Transactions on Vehicular Technology , v. 67, n. 2, pág. 956-965, 2017.

Capítulo 15

Adequação do sistema elétrico em uma fábrica de eletrônicos do Polo Industrial de Manaus-AM

Renato Rodrigues da Silva

Livia da Silva Oliveira

Alexander da Silva Batista

Resumo: O presente trabalho tem por tema a “adequação do sistema elétrico em um setor de uma fábrica de eletrônicos do Polo Industrial de Manaus”. Destacam-se adequar o sistema elétrico direcionado ao setor administrativo pré-estabelecidos em normas, e assim salienta maior relevância a problemática em questão. Nesta perspectiva, alinha a realização do levantamento de carga do setor administrativo sob o aspecto de dimensionar o sistema elétrico e analisar a eficiência do sistema implementado. Para os procedimentos metodológicos realizou-se o levantamento bibliográficos, monografia, artigo científico e periódicos. Sendo assim, as atividades foram desenvolvidas direcionadas para as soluções das problemáticas existente no sistema elétrico, isto é, adequação dos condutores elétricos que estavam em desacordados com o que rege a norma em se tratando da carga do estabelecimento, juntamente com a troca dos disjuntores e com isso a implementação do condutor de proteção. Após a implementação do sistema, a qualidade da energia com a substituição do sistema antigo pelo novo possibilitou o funcionamento seguro dos equipamentos elétricos, evitando a queda de energia, e assim diminui significativamente o custo energético.

Palavras-chave: Adequação; normas técnicas; sistema elétrico.

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é o produto responsável pela transformação no mundo industrial e também pelas diversas áreas da economia do país, seu uso cresceu de forma acelerada ao longo das últimas décadas, devido a seu papel como matéria prima nos processos de produção industrial. Conforme a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) a indústria brasileira responde por mais de 30% do consumo final de energia (BRASIL, 2022).

Notar-se que a eletricidade é extremamente fundamental e indispensável para o homem, demandando valorização e economia. Com tantas modernizações e evoluções em energia, é possível perceber que existem fatores que contribuem para o desperdício de energia principalmente na indústria que causam perda, que remetem a má qualidade da rede de distribuição elétrica disposta no ambiente.

Partindo da premissa, a ineficiência dos processos de produção fabril e funcionamento adequados dos setores ocorrem principalmente pelas instalações elétricas inadequadas, além de perigosas, possibilitam acréscimo no consumo de energia, uma vez que, a má instalação dos fios pode ocasionar superaquecimento dos mesmos. Sendo assim, é relevante que as adequações elétricas são essenciais para a segurança e qualidade das instalações elétricas seja predial ou industrial, pois, garantem a correta utilização, dentro das normas vigentes (SILVA et al., 2019).

Sendo assim, a relevância desta pesquisa justifica-se na medida em que é levantado a necessidade de melhorar qualidade no sistema elétrico fabril, e assim minimizar os desperdícios. Em se tratando de adequação no sistema elétrico, isto é revitalizá-lo, possibilitando uma nova estrutura adequada dentro das normas estabelecidas. A adequação é um investimento que trará custos inerentes, contudo os custos são provenientes de uma necessária melhoria do sistema elétrico, com a finalidade de diminuir o consumo, assim permite a redução nas contas.

O presente trabalho tem como objetivo adequar o sistema elétrico a potência instalada do setor administrativo da empresa estabelecidas em normas, bem como aperfeiçoar o sistema conforme o ambiente de trabalho. Assim específica a realização do levantamento de carga do setor pertencente a fábrica sob o aspecto de dimensionar o sistema elétrico e analisar a eficiência do mesmo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Na primeira Etapa, realizou-se a visita de campo e o levantamento de dados da carga instalada da unidade administrativa de uma fábrica de eletrônicos, com observações sistemáticas para daí gerar subsídios que serviram de auxílio para a elaboração do instrumento de trabalho na perspectiva de coleta de dados para descobrir a problemática, sendo que, o sistema elétrico estava em ocorrências corriqueiras de quedas de tensão, possivelmente, provenientes da má instalação elétrica, e assim proporcionar as soluções cabíveis de adequação perante a NBR 5410.

Em uma segunda etapa, foi realizado o dimensionamento dos cabos que foram necessários para a implementação da adequação e neste destinaram os cálculos matemáticos: levantamentos de carga, corrente de projeto, fator de agrupamento com o objetivo de corrigir a corrente de projeto e obter a bitola dos cabos corretamente.

A terceira etapa, foi realizado uma análise da eficiência do sistema implementado na perspectiva de apresentar uma condição mais favorável para o desenvolvimento da adequação no sistema elétrico, com a ampliação do processo de melhoria no sistema abrangendo o controle de queda de tensão ao longo das linhas dos condutores, e também a redução do consumo de energia.

Para os procedimentos metodológico se fez necessário realizar o levantamento bibliográficos, averiguação das principais obras que fizeram parte deste trabalho sejam eles: monografia e artigo científico (PEREIRA, et al., 2018). Além do mais, a elaboração do levantamento de carga utilizou-se de planilhas na plataforma Excel. Neste documento foram listadas as principais informações e identificação do circuito, potência instalada, bitola dos cabos, tensão e corrente dos disjuntores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao transcorrer deste estudo, as atividades desempenhadas na resolução do problema foram situadas no setor administrativo da empresa, e nesse foi realizado o levantamento de carga no aspecto de averiguar a problemática em questão, mediante as potências (cargas) de iluminação e dos equipamentos instalados, possibilitando assim, determinar a potência instalada no setor.

3.1. LEVANTAMENTO DE CARGA DO SETOR

O levantamento de carga foi realizado com o auxílio da equipe de manutenção da fábrica, foram analisados todos os equipamentos do prédio com o objetivo de listar e documentar as cargas, dessa forma foi possível identificar cada ponto divergente. Ao colher as informações inerentes as potências dos equipamentos e iluminação se fez necessários obter a carga instalada do setor através da equação (1):

$$Lc = q.p \quad (1)$$

onde:

Lc = levantamento de carga;

q = quantidade (de equipamentos);

p = potência (W).

O levantamento de carga foi o primeiro passo dado para o processo de adequação do sistema elétrico, e torna essencial anotar as potências dos aparelhos da unidade como forma de demonstrar a carga instalada do sistema. E para isso, o levantamento reunir os dados obtidos, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Levantamento de Carga do setor

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	POT.UNIT (W)	POT.TOTAL(W)
1	Lâmpada fluorescente	60	0,060	3,60
2	Micro-ondas	1	2,00	2,00
3	Bebedouro	2	0,10	0,20
4	Computador	30	0,24	7,20
5	Geladeira	1	0,50	0,50
6	Frigobar	1	0,25	0,25
7	Cafeteira	1	0,60	0,60
8	Ar condicionado de 12000BTU's	18	1,440	25,92
9	Ar condicionado de 24000BTU's"	12	2,680	32,16
TOTAL DA CARGA INSTALADA (kW):				72,43 KW

Fontes: Autores (2022)

Para o cálculo do levantamento de carga foi utilizado a equação (1), o resultado caracteriza em 72,43 kW de carga instalada, foi obtido com as somas das potências totais dos equipamentos e iluminação do setor. Conforme Silva (2019), o levantamento de carga abre um panorama para a aplicação de adequação nas instalações elétricas. Assim, o levantamento de dados possibilita realizar um diagnóstico das possíveis inconformidades. Para Mamede Filho (2017), essas condições, a carga prevista em um determinado projeto deve levar em consideração ainda as características e capacidade de equipamentos sendo a potência declarada pelo fabricante ou calculada conforme a tensão e corrente. Para os autores o levantamento de carga é o ponto central para o desenvolvimento da atividade, pelo qual os cálculos da potência instalada traçam o delineamento da adequação do sistema.

Diante dos dados obtidos, através do levantamento de carga do setor administrativo, foi necessário partir para o segundo ponto desse trabalho direcionado ao dimensionamento do cabeamento do sistema elétrico, mediante a norma NBR 5410.

3.2. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO

Logo após, a realização do levantamento de carga e pleno conhecimento da potência instalada, foram então realizado o dimensionamento dos condutores, onde equivale especifica aqui as seções das bitolas de acordo com cada circuito dentro das diretrizes estabelecidas pela NBR 5410. Visto que o fornecimento de energia estabelecido pela empresa é do tipo trifásico sendo quatro fios, sendo três fases, e um neutro, contudo em tensões de 220/380 V. Para o dimensionamento do cabo alimentador dos condutores e dos disjuntores, foi preciso obter a corrente de projeto do circuito, fornecida através da equação (2):

$$I_p = \frac{P_n}{N_f \cdot V \cdot \cos\phi \cdot n} \quad (2)$$

onde:

I_p = Corrente de projeto;

P_n = Potência nominal, em W;

N_f = número de fases do circuito (3 fases);

V = Tensão;

$\cos\phi$ = Fator de potência (0,92);

n = Rendimento, foi considerado 1.

Para obter a corrente de projeto foi realizado o cálculo da equação (2), o resultado configurou em $I_p = 69A$, sendo que a corrente de projeto satisfaz a circunstância da corrente suportável do condutor para as condições do circuito principal do setor. Conforme Mamede Filho (2017) a corrente de projeto pode ser atribuída ao ponto da capacidade projetado do circuito. Para Creder (2016), é usada como o critério da condutividade de corrente, tem como finalidade garantir vida útil aos condutores e as suas isolações. Para os autores a corrente de projeto configura na primeira forma de se estabelecer a bitola dos condutores, e dimensionado de forma errônea ocasiona a sobrecarga dos condutores e conseqüentemente compromete os circuitos. Tal importância é usada para dimensionar tanto os cabos quanto os dispositivos de proteção, já que a sobrecarga, se dá em relação aos efeitos térmicos causados pela circulação de correntes.

Além do mais, para os efeitos de uma margem de segurança no dimensionamento da bitola dos cabos, aplica-se o fator de correção de projeto. A corrente corrigida é a corrente máxima que um circuito elétrico pode suportar sem sofrer danos. Essa corrente é calculada tendo em conta a seção dos condutores, o fator de agrupamento aplicado, e a temperatura ambiente. Assim, deve levar em consideração todos esses fatores para garantir que os circuitos elétricos estejam seguros e funcionem corretamente. Desse modo a aplicação do fator de agrupamento, resulta na capacidade de corrente dos condutores, projetando o cabo de seção superior, assim o valor da carga permanece inalterado. A corrente de projeto corrigida (IPC) é representada pela equação (3):

$$I_{pc} = \frac{I_p}{FCA \cdot FCT} \quad (3)$$

onde:

I_p = Corrente de projeto;

FCA (Fator de correção de agrupamento);

FCT (Fator de correção de temperatura).

Para o cálculo da corrente de projeto corrigida foi realizado a equação (3), assim o resultado obtido foi de $I_{pc} = 98,57A$, com o fator de agrupamento com três condutores carregados (TABELA 42, NBR 5410). Para obter o cabo foi consultado a Tabela 36 da norma, capacidades de condução de corrente; condutores: cobre e alumínio; Isolação: PVC; Temperatura de $70^{\circ}C$; coluna B2. Segue o condutor de cobre de bitola 35 mm^2 , com o disjuntor de 75A (NBR, 5410), dados obtidos usado para a especificação da área interna do setor.

Para Creder (2016), a escolha do cabo, conforme a capacidade de condução de corrente, aplica-se os fatores de correção em conformidade com a temperatura e agrupamento de condutores para obter uma margem de segurança em termos da bitola do cabo. Neste sentido, Mamede Filho (2017), argumenta que a corrente de projeto corrigida concede pela capacidade de condução de corrente dos condutores que por sua vez é reduzida, assim é permitida a elevação dos cabos que conseqüentemente projeta-se um cabo de seção superior, considerando-se inalterado o valor da carga. No entanto, a aplicação do fator de correção tem o objetivo de obter bitola do cabo com segurança para não sobrecarregar o sistema considerando a corrente de pico que pode ser gerada pelos dispositivos que compõem o circuito, sendo que a corrente de projeto inicial prevalece.

Outro fator categórico na construção desse trabalho conduziu para o cálculo de queda de tensão, conforme a NBR 5410 (2004) determina que o limite para qualquer circuito terminal não seja superior a 4%, caso contrário ao que prevê a norma o aumento da seção do condutor elétrico diminuirá os valores de resistência. Segundo Silva (2019), o critério de queda de tensão aplica-se com a finalidade de considerar o comprimento dos circuitos, assim possibilitando a garantia de que os equipamentos sejam alimentados com uma tensão aceitável, mostrada na equação (4):

$$S_c = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I_p}{V\% \cdot V} \quad (4)$$

onde:

S_c = queda de tensão;

$\sqrt{3}$ = circuito trifásico;

ρ = constante do material;

L = comprimento do trecho;

I_p = corrente de projeto;

$V\%$ = perdas do condutor;

V = tensão.

Neste estudo o dimensionado do condutor a critério da queda de tensão se deu em razão do comprimento de $L = 230m$ do prédio da administração até o QGD (Quadro Geral de Distribuição) da fábrica. Para este cálculo foi utilizado a equação (4), obedecendo a queda de tensão de 3%, e resistividade do alumínio $\rho = 0,02857$, tendo como resultado $S_c = 68,88 \text{ mm}^2$. Foi verificado a norma NBR 5410 (2004), a Tabela 39, direcionado a seção de condutores XLPE, coluna F, corresponde ao condutor de alumínio de bitola 70 mm^2 e disjuntor de 75A. Dados obtidos usado para a especificação da área externa do setor.

Para os circuitos terminais de iluminação pelo critério da queda de tensão, substitui na equação (4), a função $\sqrt{3}$ = circuito trifásico, pelo 2 = circuito bifásico. Obedecendo a queda de tensão de 3%, comprimento $L = 5\text{m}$ e resistividade do cobre $\rho = 0,0175$. O valor da seção do condutor mínimo, respectivamente de: $S_c = 1,83\text{ mm}^2$, logo foi adotada seção do condutor no circuito em função da especificação de utilização dos condutores destinados a iluminação da NBR 5410 (2004) na Tabela 47, considerando-se o condutor de seção $2,5\text{ mm}^2$, e disjuntor de 25A. Para o ar condicionado 12.000 BTU's segue o condutor $2,5\text{ mm}^2$ com disjuntor 10A e para o de 24.000 BTU's segue o condutor de $4,0\text{ mm}^2$ e disjuntor de 16A. Na utilização do aterramento segue a mesma bitola dos condutores específicos para cada circuitos.

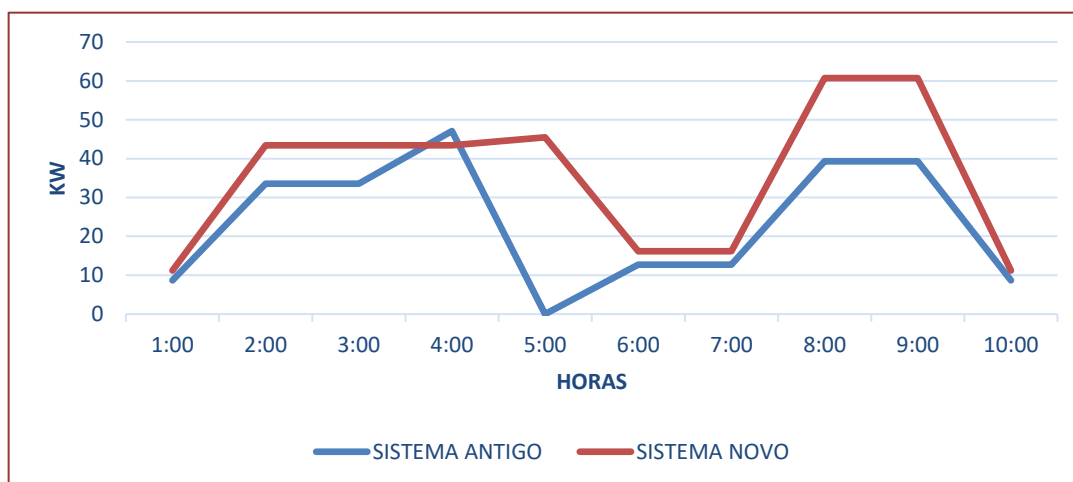
O cálculo da queda de tensão é determinante para o dimensionamento correto dos condutores, lembrando que o dimensionamento dos condutores, tem o intuito de reduzir a queda de tensão do QGD até as cargas. Quanto maior for a extensão do cabo, a resistência elétrica do condutor será maior, conseqüentemente, maior será a sua queda de tensão (Chaves, 2020). Conforme Andrades e Valdiero (2017), quanto maior o intervalo percorrido por um condutor de energia, a perda de tensão ao longo dele será maior, por isso é importante dimensionar o cabo em conformidade com a distância e a potência instalada do circuito.

Isso ocorre porque a resistência interna do cabo aumenta conforme o distanciamento aumenta. Quanto mais longe o cabo precisa atravessar, maior será a resistência interna, o que resulta em maior perda de tensão ao longo do caminho. Além disso, a temperatura externa também afeta a quantidade de tensão perdida. Quanto maior a temperatura, maior a resistência interna do cabo, o que resulta em mais perda de tensão. Esta perda de energia se traduz em uma perda de tensão, ou seja, a tensão que havia no início do condutor será menor no final.

3.3. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA

A análise da adequação do sistema implementado não foi uma tarefa fácil, pois foi necessário considerar os fatores de demanda que podem variar significativamente ao longo do tempo conforme a carga. No entanto, vários fatores influenciaram o estudo da eficiência do sistema, como a curva de carga, a própria economia do sistema em relação ao consumo.

Logo, a aplicação de curvas tem por finalidade modelar a curva de carga diária, ou seja, as demandas de serviços do setor, calculadas de acordo com a potência dos equipamentos dos valores típicos expressados da Tabela 1, isso trouxe a necessidade de um comparativo entre os dois sistemas, o antigo e o novo, mostrado na curva de carga no Gráfico 1.

Gráfico 1: Curva de Carga do Setor

Fontes: Autores (2022)

Foi possível observa a curva de carga oscilar conforme os horários de funcionamentos dos equipamentos condizentes com a atividade do setor. O ponto interessante do Gráfico 1 retrata no sistema antigo, convergindo em dois pontos específicos, na hora 4 é elevada a carga (ligados a maioria dos aparelhos) e na hora 5 a mesma cai bruscamente, o que acontece, porque o sistema não suportou a potência dos aparelhos acionados simultaneamente, ocorrendo um apagão na unidade. Realizado a mesma análise para o sistema novo, todavia, quando chega nas horas 4 e 5 a carga do sistema permanece estável, devido a eficácia do sistema em suporta os acionamentos simultâneos dos equipamentos. Nas horas 6 e 7 é o período de almoço, então a carga do setor tende a diminuir.

A partir do conhecimento da curva de carga foi possível determinar o período de máxima potência, bem como o tamanho e a duração dos picos de energia. Esse mecanismo é possível tomar medidas para minimizar ou até mesmo evitar o seu impacto no sistema elétrico. Para Cardoso et al. (2021), assim, é necessário que sejam realizados estudos e planejamentos para evitar que as grandes variações na demanda possam causar problemas no fornecimento. Além disso, é importante que seja adotada a tecnologia adequada para que se possa obter resultados eficientes e satisfatórios, sejam as unidades consumidoras de classe industrial, comercial ou residencial. Neste sentido, conhecer a curva de carga é possível minimizar o impacto no sistema elétrico, e ainda permite planejar e estimar o sistema para assegurar fornecimento de energia em condições adequadas sendo essencial para desempenho de qualquer empresa. A energia elétrica é responsável por alimentar os equipamentos, sistemas e dispositivos que realizam os processos necessários para que a fábrica cumpra suas funções, por isso, o fornecimento de energia em condições seguras e confiáveis é muito importante, e sem apagões.

Outro ponto da eficiência do sistema relaciona a economia do sistema em relação ao consumo, obtendo cerca de 30% de economia de energia, apenas com a adequação do sistema. Para Chaves (2020), reduzir custos com dispêndio desnecessário de energia é uma ideia um tanto atrativo, visto que o dimensionamento econômico de condutores é encontrar este ponto mínimo, tanto do ponto de vista financeiro quanto de eficiência energética. Conforme Rebouças et al. (2021), com base nesses fatores, cada vez mais são

analisadas possibilidades que buscam otimizar o consumo de energia, seja diminuindo perdas ou a quantidade de energia para a realização da mesma tarefa ou serviço.

A eficiência do sistema instalado, torna-se requisitos primordiais e recomendáveis para o projeto de instalação elétrica dentro do contexto pensando na eficiência, qualidade e custo, além do mais, visa melhores resultados possíveis do consumo de energia elétrica, condições estas aplicáveis às novas instalações, tendo em vista a adequações no sistema elétrico existente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de adequação no sistema elétrico direcionado para indústria apresentada neste trabalho deu-se pela necessidade de reestrutura o sistema elétrico, em virtude da instalação elétrica antigas por não ter evoluído ao longo do tempo e pela sobrecarga do sistema, visto que, a falta de planejamento e desenvolvimento da parte elétrica, se dá justamente pela prioridade de outros setores. Com base na NBR 5410, foi observado a vulnerabilidade do setor, logo, o trabalho evidência que a proposta foi necessária, pois devido à ausência de manutenção ao longo dos anos, bem como o desgaste gerado pelo uso contínuo das instalações, o que se constatou a insuficiência do sistema elétrico apresentado, gerando efeitos negativos tanto para a fábrica no uso quanto aos riscos aos colaboradores.

Assim, esta atividade teve como parâmetro a importância de adequar o sistema elétrico priorizando a norma como recurso empregado na implementação do sistema tanto na área interna quanto na externa do setor, através do levantamento de carga e dimensionamento dos cabos obtidos para viabilizar o sistema elétrico, ressaltando ainda que a reestruturação e a redução de consumo foram as particularidades desse estudo. Neste sentido, um dos problemas desse sistema foi constatado no cabo de alimentação, no qual percorre 230 metros do Quadro Geral até o setor, o dimensionamento que foi feito na época suportaria apenas a metade da potência instalada atual, por isso o setor estava em constante apagões devido a sobrecarga do sistema em relação ao condutor.

Portanto, este trabalho tem como forma de apresentar um desfecho determinada pelo levantamento das informações apresentadas. As soluções das problemáticas existentes, isto é, mudanças dos condutores elétricos desacordados com o que rege a norma em se tratando da carga do estabelecimento, juntamente com a troca dos disjuntores ultrapassados e a implementação do condutor de proteção. Contudo a atividade trouxe resultados positivos, uma vez que, após a realização dos levantamentos de cargas, dimensionamentos inerentes aos condutores e disjuntores, isto é, a perda de energia por efeito Joule tende a diminuir devido a adequação dos cabos, assim, garantir o circuito de um possível curto-circuito, uma sobrecarga, possibilitando operação segura dos equipamentos, e permitindo dessa forma maior vida útil aos circuitos.

REFERÊNCIAS

- [1] ANDRADES, Carlos Eduardo. VALDIERO, Antônio Carlos. Aplicação do cálculo da queda de tensão elétrica em uma equação diferencial ordinária através da metodologia de modelagem matemática. Rio Grande do Sul. 2017. Disponível em: https://san.uri.br/sites/anais/ciecitec/2017/resumos/comunicacao/trabalho_2922.pdf. Acesso em: 06 de set. de 2022.
- [2] ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 5410: Instalação elétrica em baixa tensão. Rio de Janeiro. 2004. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/jeangaldino/disciplinas/2015.1/instalacoes-eletricas/nbr-5410>. Acesso em: 02 de set. de 2022.
- [3] BRASIL. EPE. Caderno sobre Ações de Eficiência Energética em Indústrias Brasileiras. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/caderno-sobre-acoes-de-eficiencia-energetica-em-industrias-brasileiras>. Acesso em: 01 de set. de 2022.
- [4] CARDOSO, Izadora Soares; DA COSTA, Edson Guedes, ARAÚJO, Jalberth Fernandes de; LEITÃO, Ariel de Sousa. Metodologia para Estimativa de Curvas de Carga de Unidades Consumidoras Individuais. Campina Grande PB. Brasil. Disponível em: <https://revista.uepb.edu.br/fisicanocampus/article/download/538/315/1970>. Acesso em: 08 de out. de 2022.
- [5] CHAVES, Ciro Campos. Dimensionamento econômico de condutores aplicados a instalações elétricas em baixa tensão: um estudo de casos. Revista de Engenharia e Tecnologia. 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/download/13714/209209212814>. Acesso em: 05 de out. de 2022.
- [6] CREDER, Hélio. Instalações elétricas. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Disponível em: [https://instalações elétricas 16° edição - helio creder.pdf - Free Download PDF \(kupdf.net\)](https://instalações elétricas 16° edição - helio creder.pdf - Free Download PDF (kupdf.net)). Acesso em: 22 de out. de 2022.
- [7] MAMEDE FILHO, João. Instalações elétricas industriais. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- [8] PEREIRA, Adriana Soares; SHITSUKA, Dorlivete Moreira; PARREIRA, Fabio José; SHITSUKA, Ricardo. Metodologia da pesquisa científica [recurso eletrônico] 1. ed. Santa Maria, RS: UFSM, NTE, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Ci-ntifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 22 de out. de 2022.
- [9] REBOUÇAS, Danilo Assis; LIMA, Gustavo Alexander de Souza; MACHADO, Igor Tadeu Barbosa. Eficiência Energética Aplicada a Instalação Elétrica de uma Residência. Belo Horizonte. 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/24582/1/TCC%20EFICIENCIA%20ENERGETICA%20-%20VERS%C3%83O%20FINAL.pdf>. Acesso em: 10 de out. de 2022.
- [10] SILVA, Iago Melo; ALMEIRA, Brayan Lima; SILVA, Sabrina Oliveira; FERNANDES, Márcio Silva: A IMPORTÂNCIA DO PROJETO ELÉTRICO E A ANÁLISE DA EXECUÇÃO NA CIDADE DE PARACATU - MG. Anais do 1º Simpósio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsona. 2019; 892-902. Disponível em: <https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/2021042217042012.pdf>. Acesso em: 18 de nov. de 2022.
- [11] SILVA, Tiago Marques da. Adequação do sistema elétrico em uma instituição militar utilizando a NBR 5410. Rio de Janeiro JULHO/2019. Disponível em: https://www.academia.edu/41217403/Adequa%C3%A7%C3%A3o_no_Sistema_El%C3%A9trico_em_uma_Institui%C3%A7%C3%A3o_Militar_Priorizando_a_NBR_5410. Acesso em: 07 de set. de 2022.

Capítulo 16

Automação de aparelhos de ar-condicionado utilizando ESP32: Um estudo de caso sobre conforto térmico em salas comerciais

Sendy Jany Leal de Oliveira

Livia da Silva Oliveira

Resumo: Nos últimos anos, a demanda global de energia sofreu um aumento significativo, criando diversos desafios para o setor energético, surgindo assim a necessidade do uso consciente e otimizado de energia elétrica. Este estudo propõe uma alternativa de automatizar o envio das configurações de temperatura de um ar-condicionado, atendendo a necessidade de uma climatização adequada para ambientes comerciais, proporcionando assim o bem-estar dos colaboradores e clientes do estabelecimento, abrindo precedente para futuros estudos de economia de energia e aplicação dos resultados aqui demonstrados em aparelhos utilizados para outras finalidades. Para tal foi utilizado um microcontrolador embarcado em uma placa Esp32 em conjunto com sensores e aplicativo Blynk obtendo a possibilidade de controle e acompanhamento das configurações do ar-condicionado em longas distâncias sendo necessário apenas a existência de rede internet no estabelecimento e no smartphone. Foi desenvolvido também um sketch capaz de realizar as configurações automáticas do ar-condicionado de acordo com parâmetros apresentados em estudos sobre conforto térmico utilizando como variáveis a temperatura e umidade do ambiente, sem a necessidade de um operador humano.

Palavras-chave: Conforto térmico; microcontrolador; automação.

1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre conforto térmico tiveram início no século passado e puderam constatar como as condições termo higrométricas influenciavam no rendimento de trabalhadores. Condições térmicas desconfortáveis foram responsáveis pela queda de produtividade de 15% até 41% (NASCIMENTO, 2022).

Edifícios termicamente desconfortáveis interferem na saúde e bem-estar dos ocupantes, além de acarretar estratégias que comprometem a economia de energia da edificação. Segundo a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento estima-se que o uso de ar-condicionado em edifícios comerciais corresponde de 30% a 40% do consumo total de energia. Em 2015 a demanda de energia bateu recorde causando uma interrupção de energia em 10 estados brasileiros e o ar-condicionado foi acusado como sendo um dos responsáveis. Dessa forma implementar ambientes inteligentes com a possibilidade de controlar o conforto térmico possibilitando um consumo menor de eletricidade têm sido utilizados como uma solução para este problema (HOLANDA, 2020).

A conexão numerosa de objetos através da internet das coisas, tem sido de grande ajuda para resoluções de problemas diários. Os produtos integrados com esta tecnologia estão presentes em diversas áreas atualmente e possuem diversas funções, podendo ser utilizado de acordo com a preferência do usuário (MAGRANI, 2018).

Para analisar o quanto os trabalhadores podem sofrer com o desconforto térmico, utiliza-se o Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e o Índice Temperatura e Umidade (ITU). O Índice de Desconforto Térmico e o Índice de Temperatura e Umidade são parâmetros para determinar se o ambiente de trabalho apresenta conforto térmico para os colaboradores, relacionando-os com os níveis de alerta e sintomas fisiológicos (NASCIMENTO, 2022).

Neste estudo buscou-se como forma de controlar o conforto térmico de uma sala comercial o desenvolvimento de um sketch em C++ capaz de relacionar um microcontrolador e sensores de temperatura e umidade com a utilização de equações apresentadas posteriormente para variar a temperatura do ar-condicionado de forma automática e não invasiva permitindo que o ambiente seja termicamente confortável.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para desenvolvimento do sistema foi utilizado um notebook para realizar a comunicação via porta serial com o microcontrolador ESP32. O microcontrolador foi programado com linguagem C++ no Ambiente de Desenvolvimento Integrado Arduino®. O firmware do microcontrolador consiste em fazer a leitura dos códigos de temperatura do ar-condicionado, receber os valores de temperatura e umidade do ambiente, calcular a temperatura adequada para o ambiente de acordo com a equação de conforto térmico e em seguida enviar o código da nova temperatura para o ar-condicionado.

Para coleta de dados de temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) foi utilizado um módulo sensor DHT22 com capacidade de medir temperaturas de -40°C a +80°C e umidade de 0% a 100% com precisão de 2,0% para umidade e 0,5°C para temperatura. Para que seja possível utilizar esse sensor na IDE Arduino® foi necessária a inclusão da biblioteca DHT.

Na etapa de captar o código do controle do ar-condicionado foi utilizado um módulo receptor infravermelho IR KY-022 com ângulo de operação de 90°, frequência de operação 38KHz e alimentação 2,7V DC à 5,5V DC. Esse sensor é capaz de decodificar os sinais de infravermelho de qualquer comando do controle do ar-condicionado e por meio da placa ESP32 armazená-los para serem emitidos posteriormente.

O módulo emissor infravermelho KY-005 com tensão de operação de 2,7 V DC à 5,5 V DC, frequência de operação 38KHz foi utilizado para enviar os sinais de infravermelho para o ar-condicionado de acordo com as configurações de conforto térmico. Para que seja possível utilizar os sensores emissor e receptor de infravermelho foi necessário incluir as bibliotecas IRremoteESP8266, IRrecv, IRac, IRutils e IRsend.

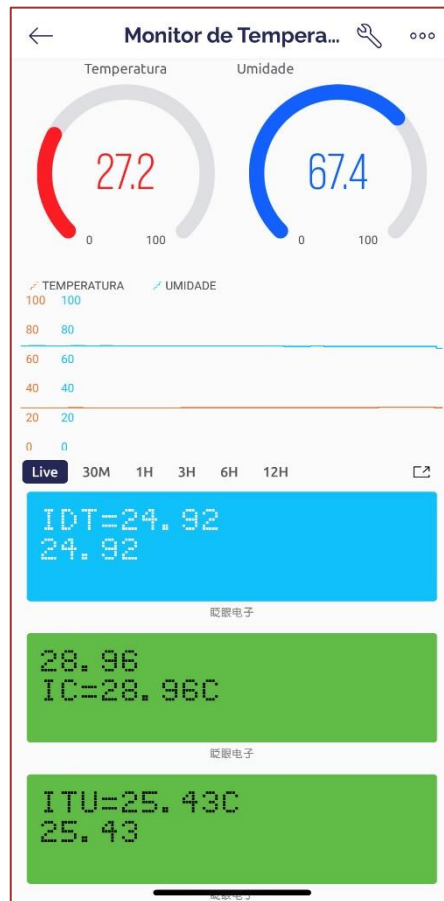
No sketch da ESP32 foram inseridas as equações do índice de desconforto térmico, índice de temperatura e umidade e índice de calor, referenciadas respectivamente nos estudos de Yousif (2013), Barbirato (2007) e Blazejczyk (2011) com o objetivo de corrigir a temperatura do ambiente e deixá-lo termicamente confortável.

O protótipo foi instalado em uma sala comercial de 52 m² equipado com um aparelho de ar-condicionado de 22000 BTUS da fabricante MIDEA modelo 42MACA22/38KCX22 com 3 anos de uso e 9 horas de utilização diária durante expediente que ocorre em 5 dias na semana. A sala comercial localiza-se na Av. Coronel Sávio Belota no bairro Novo Aleixo na cidade de Manaus-AM.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente neste estudo foi utilizada a placa Arduino UNO® da fabricante Smart Projects, ocorreu tudo de acordo com o esperado na etapa de coletar os dados de temperatura e umidade, porém na etapa de captar o código do controle remoto do ar-condicionado a memória de 32 Kb do microcontrolador alcançou sua capacidade máxima logo no primeiro comando de código no formato raw com 227 caracteres. Foi considerado expandir a memória do microcontrolador arduino utilizando uma memória externa eeprom, porém o projeto teve sua complexidade aumentada consideravelmente no momento de programar o sketch e fazer referência a cada endereço da memória externa expandida. Posteriormente adaptamos este estudo na placa ESP32 que possui uma memória robusta de 4 Mb.

No decorrer deste estudo optamos por utilizar um aplicativo personalizável que nos permite controlar e reportar placas programáveis baseadas em arduino, um dos ambientes que compõe este aplicativo é o Blynk Server onde ficam armazenados todos os estados e informações do aplicativo em nuvem. Como o Blynk possui seu próprio servidor, foi possível conectar a placa ESP32 à rede sem precisar utilizar shields tudo isso baseado nas definições de Caldas (2015). De acordo com a Figura 1, foram utilizados 6 widgets para facilitar a leitura dos dados de retorno do sketch principal, essas informações puderam ser visualizadas em tempo real por uma smartphone com sistema operacional IOS 15.6.1, através do aplicativo Blynk, também disponível para dispositivos com sistema operacional android.

Figura 1: Print de tela do aplicativo Blynk

Fonte: Autores (2022)

Durante este estudo foram evidenciados alguns contratemplos e situações não ideais para um produto final a ser apresentado futuramente, o emissor de infravermelho precisou necessariamente estar alocado em uma distância máxima de 70 cm do leitor infravermelho do ar-condicionado, este problema pode ser corrigido de uma maneira alternativa optando-se por utilizar um emissor com capacidades mais robustas para atuação em uma distância maior. O sensor de temperatura e umidade precisou ser alocado em uma área estratégica onde há a maior circulação de pessoas, como solução alternativa poderíamos aumentar a quantidade de sensores e alocá-los em locais igualmente distribuídos com o objetivo de obter uma média da temperatura e umidade mais realista do ambiente inteiro.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema aqui desenvolvido abre a possibilidade para diversas melhorias em trabalhos futuros. O ideal seria os aparelhos de ar-condicionado saírem de fábrica com o código carregado direto na placa inteligente do aparelho sendo uma função a mais a ser escolhida pelo consumidor. A parte do sensor de umidade e temperatura poderia ser embarcada juntamente com o controle remoto e ser alocada em local inverso onde o ar-condicionado estiver instalado no ambiente.

A realização da aquisição de aparelhos modernos e mais eficientes não é uma realidade acessível para todos os consumidores do país. Como forma de aproveitamento em aparelhos de ar-condicionado antigos um modelo formado de uma unidade capaz de fazer a decodificação dos sinais de temperatura do ar-condicionado antigo ao mesmo tempo que faz a leitura da temperatura e umidade em conjunto envio do sinal automatizado da nova temperatura seria o ideal.

Os circuitos e sketches aqui apresentados poderiam ser otimizados juntamente com um umidificador externo ou aproveitando a função umidificação original de fábrica já presente em diversos aparelhos, combinados com estudos da relação de umidade e temperatura com o aumento da sensação térmica percebida pelo usuário.

Este trabalho pode ser aproveitado como alternativa de automação dos aparelhos de ar-condicionado instalados em inúmeros projetos de refrigeração de templos religiosos assim como o estudo apresentado em Jacintho (2022). O estudo desenvolvido em Mendonça (2022) sobre a automatização da irrigação de hortas e o estudo apresentado em Oliveira (2020) sobre o monitoramento em tempo real do consumo de energia residencial, poderiam ser otimizados trocando a utilização da placa Arduino Uno pela ESP32 e realizando a edição básica de alguns parâmetros do sketch aqui apresentando em conjunto com o aplicativo Blynk faria o projeto diminuir sua complexidade e preço de execução, além de melhorar sua apresentação com o cliente final.

REFERÊNCIAS

- [1] BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L. D.; TORRES, S. C. Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos. [S.1.]:EDUFAL, 2007.
- [2] BLAZEJCZYK, K.; EPSTEIN, Y.; JENDRITZKY, G.; STAIGER, H.; TINZ, B. Comparison of utci to selected thermal indices. *Internacional journal of biometeorology*, 2011.
- [3] HOLANDA, M. R. A. Influência da definição setpoint do ar condicionado para conforto térmico e consumo energético em clima quente e úmido. Tese(Doutorado) – Universidade Federal de Alagoas, Macéio, 2020.
- [4] MAGRANI, Eduardo. *A internet das coisas*. 1ª Edição. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2018.
- [5] NASCIMENTO, M.G. *Internet das Coisas e Aprendizado de Máquina aplicados ao Conforto Térmico de Ambientes Internos*. Dissertação(mestrado) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2022.
- [6] YOUSIF, T.; TAHIR, H. Application of thom’s thermal discomfort index in khartoum state, sudan. *J Forest ProdIndust*, 2013.
- [7] CALDAS, H.E.E. *Smart Home-Smart Appliances*. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal, 2015.
- [8] JACINTHO, W. A.; LIMA, A. A. *Tópicos de Engenharia Elétrica Volume 2 - Otimização do Sistema de Climatização em Templo Religioso*. São Paulo: Alexa Cultural, 2022.
- [9] MENDONÇA, L. B. P.; LIMA, A. A. *Tópicos de Engenharia Elétrica Volume 2 – Sistema de Irrigação Inteligente Utilizando Microcontrolador com Técnicas de IOT em Pequenas Hortas*. São Paulo: Alexa Cultural, 2022.
- [10] OLIVEIRA, A. M.; PINHEIRO, F. G.; ALVES, M. T.; COSTA, A. P. T.; MATIAS, B. O. *Engenharia Elétrica: As contribuições da vida acadêmica no cotidiano do Profissional. Sistema de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica Residencial em Tempo Real com Sistemas Embarcados*. Belo Horizonte: Poisson, 2020.

Capítulo 17

Aspectos operacionais de máquina de inserção automática: Estudo de caso em uma empresa do Polo Industrial de Manaus (PIM)

Shelzea Maciel Pinto

Livia da Silva Oliveira

Resumo: O processo de fabricação da Surface Mount Technology (SMT), que significa tecnologia de montagem em superfície. Este processo também é reconhecido como montagem SMD e envolve a montagem de componentes na superfície da placa de circuito. Ao contrário da antiga tecnologia PTH, não há necessidade de perfurar e soldar manualmente a placa. Essa mudança traz vantagens tanto no processo em si quanto na eficiência do resultado final. Além disso, atualmente componentes com tecnologias mais modernas só podem ser encontrados no formato SMD. Por causa disso, os componentes eletrônicos SMD se tornaram realmente essenciais para empresas em vários setores. O objetivo geral do trabalho é analisar os principais aspectos operacionais e segurança de máquina de inserção automática. A pesquisa foi realizada na empresa do setor de Manufatura de baterias e adaptadores, a classificação quanto aos meios aborda, estudo de caso, bibliográfica, documental. Foram realizada visita in loco, para registrar fotos da máquina, tal como realizar análise necessárias para realização do levantamento de dados. no processo de SMT, observou-se pontos negativos no processo em que haveria possibilidade desenvolver melhorias e otimização no setor produtivo. Os postos críticos identificados desta análise são: Automatic Optical Inspection (AOI), Solder Past Inspection (SPI), Pick and Place (Máquinas pneumáticas) e Forno de Refusão de pasta de solda. Para o manuseio das atividades precisou seguir a NR-14, norma direcionada atividade em fornos e NR-6, o uso obrigatório de Equipamento de Proteção Individual (EPI's). Para melhoria do fluxo produtivo, as ferramentas utilizadas são o software da Fuji- Flexa (utilizado nas máquinas pneumáticas), Koh Young (máquinas de inspeções), Kic Explorer (Software para medir os parâmetros do perfil de forno). O estudo realizado foi de fundamental contribuição na melhoria do conhecimento sobre o processo de inserção de componentes eletrônicos utilizando máquinas, pôde-se aprender sobre softwares de programação e acompanhamento dos resultados para levantamento das variáveis dos problemas e a relevância do emprego do EPIs.

Palavras-chave: Máquinas; SM; automação.

1. INTRODUÇÃO

As empresas da indústria eletrônica brasileira precisam avançar nas estratégias de gestão e no desenvolvimento dos negócios. A capacidade de fornecer alternativas eficazes para a utilização de recursos em suas atividades e manter a flexibilidade do sistema produtivo parece estar relacionada à gestão da produção. É realidade de muitas empresas no mercado produzir uma grande variedade de produtos com alto valor agregado e ciclo de vida curto com baixo rendimento. Com o desenvolvimento da indústria e da tecnologia, as empresas passaram por tremendas mudanças ao longo dos anos, especialmente aquelas indústrias que possuem áreas de negócios no campo da eletrônica. Os produtos em grande escala foram transformados em pequenos e práticos dispositivos portáteis. Tudo isso é possível devido à tecnologia embutida no dispositivo, que permite a mesma flexibilidade e miniaturização.

Nesse contexto, cada vez mais empresas de produtos de eletrônicos, juntamente com a demanda por maior qualidade e preços mais competitivos dos produtos que produzem, estão forçando muitas empresas a automatizar seus processos de montagem e manufatura. A máquina produz mais e tem maior qualidade e precisão no processo repetitivo, comparada com o processo equivalente, essas características se aliam a um custo menor, que é basicamente manual (CARRIÓN-PALADINES, 2021). Na indústria de eletrônicos, no processo de automação da produção, entre as diversas modificações realizadas, as linhas de montagem manual são substituídas por máquinas comumente chamadas de *pick and place*, que são inseridoras automáticas de componentes de montagem em superfície em inglês *Surface-Mount Device* (SMD). Essas máquinas podem inserir todos os componentes em uma Placa de Circuito Impresso (PCI) de um alimentador de componentes (SILVA, 2022).

Os circuitos impressos é um componente importante em equipamentos eletrônicos. Eles são usados na fabricação de equipamentos, bem como nas indústrias automotiva, militar, aeroespacial e médica. Conforme a estrutura dos componentes se torna mais complexa, sua tecnologia de montagem também precisa ser alterada para fornecer utilitários e funções adicionais. Esta é a origem do *Pin Through Hole* (PTH) e SMD (MEHL, 2021).

A montagem dos componentes SMD em ambiente industrial é basicamente feita por meio de um processo de inserção automática e, em seguida, soldada por pasta de solda por refluxo ou por soldagem por onda. Vale ressaltar também que a fabricação desses componentes eletrônicos deve ser ágil e confiável, portanto, só pode ser obtida por meio de maquinários automatizados. O processo de fabricação da *Surface Mount Technology* (SMT), que significa tecnologia de montagem em superfície. Este processo também é reconhecido como montagem SMD e envolve a montagem de componentes na superfície da placa de circuito. Ao contrário da antiga tecnologia PTH, não há necessidade de perfurar e soldar manualmente a placa. Essa mudança traz vantagens tanto no processo em si quanto na eficiência do resultado final. Além disso, atualmente componentes com tecnologias mais modernas só podem ser encontrados no formato SMD. Por causa disso, os componentes eletrônicos SMD se tornaram realmente essenciais para empresas em vários setores (FARIAS; OLIVEIRA; MAGNO, 2021).

Ao final do processo de montagem da placa eletrônica SMD, são realizadas inspeções rigorosas para detectar possíveis falhas na soldagem da placa ou danos aos componentes eletrônicos para garantir que o produto esteja seguro e totalmente funcional (ARROSAT, 2020). Dessa forma temos a seguinte problemática: Qual os principais

aspectos para uma boa segurança, manutenção e programação de máquina inseridora de componentes SMD em uma fábrica no Polo Industrial de Manaus?

Uma grande vantagem do SMT, é que os terminais podem ser soldados à placa do mesmo lado do componente, evitando furos passantes, podendo ainda promover a redução do tamanho da embalagem e da distância entre os terminais. Existem duas técnicas de montagem SMT. Montagem usando adesivos, onde a placa de circuito impresso precisa passar pelo equipamento de soldagem por onda, e o processo de uso de pasta de solda, onde os componentes foram soldados por fusão da solda em um forno de refluxo (LAMEIRA, 2020).

A inserção de componentes sobre a pasta de solda aplicada, esta operação é executada através das máquinas de inserção automática. Existem basicamente duas topologias de máquinas de inserção de componentes: a *Turret Head* e a *Pick & Place*. As máquinas *Turret Head* foram projetadas para inserirem pequenos componentes em alta velocidade, enquanto que as máquinas *Pick & Place* inserem componentes maiores, tais como *fine pitches* e *Ball Grid Array*, com uma maior exatidão na inserção.

Diante da enorme demanda do mercado, a empresa se esforça para fornecer o máximo de produtos no menor tempo possível. Para a maioria das empresas, isso só pode ser alcançado com a melhoria da qualidade de seus processos, o que obriga a cadeia produtiva a ser mais eficiente, minimizando perdas por falhas de produção não relacionadas à qualidade. Consequentemente, pode-se entender que o principal objetivo da melhoria contínua do processo produtivo é reduzir a perda de qualidade do material por falhas operacionais ou não operacionais, e o processo é projetado para abranger todos os departamentos de manufatura.

O objetivo geral do trabalho é analisar os principais aspectos operacionais e segurança de máquina de inserção automática. Os objetivos específicos delineados são: realizar uma leitura e interpretação de manual técnico e análise de perfil de forno; apresentar manutenção da máquina de SMT e identificar as características da programação de máquinas Fiji-flexa, SPI e AOI.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na empresa do setor de manufatura de baterias e adaptadores de uma empresa do PIM que está localizada na Av. Buriti no Distrito Industrial de Manaus, há cerca de 27 anos está em atividades no Brasil. A coleta de dados foi realizada partir de pesquisa de campo onde foi realizado análise no processo de SMT, onde observou-se pontos negativos sobre no processo em que haveria possibilidade de melhoria e otimização no setor produtivo.

Foram realizada visita *in loco*, para registrar fotos da máquina, tal como realizar análise necessárias para realização do levantamento de dados. Assim foi realizado observação direta que faz parte do processo metodológico de um projeto científico, uma vez que a partir deste, é possível a obtenção de dados, embasado em conhecimentos que são adquiridos pelo pesquisador no dia-a-dia. Após a coleta dos dados, foi feita a leitura de todo material, as principais informações foram compiladas. Posteriormente foi realizada uma análise descritiva das mesmas buscando estabelecer uma compreensão e ampliar o conhecimento sobre o tema pesquisado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo evidenciou as etapas para alcance dos objetivos do trabalho. E um primeiro momento será apresentado análise sobre da leitura e interpretação de manual técnico e análise de perfil de forno demonstrando os pontos essenciais deste trabalho. Em segundo momento explanado os aspectos essenciais na manutenção de máquinas de SMT e concluindo a programação de máquina da empresa.

3.1. LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE MANUAL TÉCNICO E ANÁLISE DE PERFIL DE FORNO

De acordo com os levantamentos realizados, no processo de SMT, observou-se pontos negativos no processo em que haveria possibilidade desenvolver melhorias e otimização no setor produtivo. Os postos críticos identificados desta análise são: *Automatic Optical Inspection* (AOI), *Solder Past Inspection* (SPI), *Pick and Place* (Máquinas pneumáticas) e Forno de Refusão de pasta de solda.

Para o manuseio das atividades precisou seguir a NR-14, norma direcionada atividade em fornos e NR-6, o uso obrigatório de Equipamento de Proteção Individual (EPI's), o equipamento individual para atividade em forno é o uso das luvas térmicas de proteção e NBRISO 20345 e as botas com a biqueira de aço e de composite são utilizadas nos calçados de segurança, é importante destacar que o composite é ideal para atividades que envolvem eletricidade, pois não é condutivo.

Para melhoria do fluxo produtivo, as ferramentas utilizadas são o software da *Fuji-Flexa* (utilizado nas máquinas pneumáticas), *Koh Young* (máquinas de inspeções), *Kic Explorer* (Software para medir os parâmetros do perfil de forno).

Em uma primeira análise foi realizado leitura e interpretação de manual técnico e análise de perfil de forno. Onde foi necessária uma verificação técnica de perfil do forno, para realização de adequar a temperatura, onde o perfil de temperatura é a curva ideal de aquecimento e resfriamento de cada produto ao passar pelo forno e consiste na principal ferramenta para controlar o processo de refusão das pastas de solda. A única forma de saber qual o perfil adequado para um produto é acertar o traçado de temperatura com sucessivas medidas. É usado para medição um kit do equipamento *Kic Explore* juntamente com o seu *software*.

O software ele vem com opções disponíveis de banco de pastas de dados atualizável que é selecionado automaticamente as especificações da pasta que está usando. Uma série de telas com gráficos explicativos claros orienta o processo de criação de perfil do início ao fim, e se o perfil estiver sendo feito com um dos fornos selecionados que se comunicam com o *Software Kic*, que altera automaticamente os pontos de ajuste do forno para o seu perfil.

Após o *Process Window Index* (PWI) indicar mais de 100%, significa que o produto está acima do índice aceitável de temperatura de um determinado produto no software, foi corrigido através de dados retirado da pasta de solda utilizada e do datasheet da placa do produto e repassado novamente o KIC no forno para se averiguar o índice do PWI.

Seguindo as normas referente a fornos, temos as seguintes NR 14 e NR6:

Para realização do traçado de temperatura seguiu-se a NR 14 que garante a segurança e o conforto do trabalhador, a respeito da instalação do forno no item NR 14.2. Os fornos devem ser instalados

em locais adequados, oferecendo o máximo de segurança e conforto aos trabalhadores.

14.2.1. Os fornos devem ser instalados de forma a evitar acúmulo de gases nocivos e altas temperaturas em áreas vizinhas.

Para manuseio do equipamento KIC para medir a temperatura do forno seguiu a norma NR 6 - EPI (Texto dado pela Portaria SIT n.º 25, de 15 de outubro de 2001) 6.1 Para os fins de aplicação desta Norma Regulamentadora - NR, considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho. No item F - EPI para proteção dos membros superiores F.1 - Luvas d) luvas para proteção das mãos contra agentes térmicos.

O *software* disponibiliza para leitura da temperatura do forno, após o traçado de perfil. Obtém-se o gráfico original com linhas contínuas e gráfico previsto com linhas pontilhadas. OPWI, nos direciona ao que se deve ser analisado, quando se tem abaixo de 100% está aceitável, ao contrário, deve-se corrigir a velocidade do conveyor, mudança de dados das zonas do forno, fazer uma análise da pasta de solda e do produto que irá ser traçado.

3.2. MANUTENÇÃO EM MÁQUINAS SMT

No que concerne a realização de manutenções preventivas e de readaptações do programa das máquinas *Printer* (Máquina impressora de pasta de solda), SPI (Inspeção de pasta de solda), a máquina utilizada na linha do processo, NXTII (Máquina de inserção automático). As máquinas NXTII, NXTII e AIMEX, conhecidas globalmente por *pick and place* são respectivamente iguais em relação ao seu funcionamento dinâmico, para que funcionasse corretamente sem erros, foi efetuada calibrações de *Heads*, limpeza dos *nozzles*, limpeza geral do *Cuter*, lubrificação da pneumática da máquina, evitando perdas de produção. Nas máquinas de inspeções SPI e AOI são realizadas limpezas, calibração e lubrificação da pneumática, nas máquinas de impressão são executadas limpezas dos *squeegees*.

3.3. PROGRAMAÇÃO DE MÁQUINAS FIJI-FLEXA, SPI E AOI

Ao evidenciar problema no processo e identificar curto, insuficiência de solda, *solderball*, deslocamento, foi realizado ajuste na programação da *Printer* e SPI. A máquina AOI, apresentava problema na leitura do fiducial da placa, onde os componentes estavam sendo montados de forma incorreta, trazendo prejuízo para o processo de *scrap's* de componentes, o plano de ação realizado foi de fazer a releitura da placa ajustando o *Computer Aided Design* (CAD), é a posição mecânica dos componentes e o GEBER (é um formato vetorial, aberto para imagem 2D), para assim cessar o problema. Quando se fez necessário foi acrescentado *part number* de componentes opcionais no programa do FUJI-

FLEXA, utilizado pela empresa paraprogramar todas as máquinas de *pick and place*.

Para Santos *et al.* (2021), proporcionar aos operadores de máquina um local de trabalhoseguro e manter a saúde física e mental deve ser uma prioridade para a empresa. O EPI é essencial para garantir a segurança e reduzir a chance de acidentes de trabalho. No entanto, mesmo sabendo dessa importância, muitas organizações e colaboradores ainda não sabem qualEPI utilizar no exercício de suas funções. No entendimento de Souza e Melo (2020), o foco nasegurança do trabalhador e na integridade física evitará muitos dos acidentes que ocorrem com frequência na indústria. Afinal, em alguns casos, ocorreram incidentes devido ao uso indevidode EPIs, sugerindo falta de orientação dos empregadores. No entanto, o fornecimento de EPI na indústria não deve ser feito apenas para cumprir a legislação. O objetivo é reduzir as ameaçasaos funcionários quando os controles de engenharia e gestão não são viáveis ou eficazes.

No dizer e Santos (2019), uma boa manutenção preventiva é a melhor maneira de garantir a produção de máquinas injetoras indústria com o mínimo de complicações possível. A prática também é importante para aumentar a vida útil desses equipamentos e sua produtividade. Em síntese, Araújo (2020), reparos com manutenção de máquinas injetoras devem ser realizados com precisão, levando em consideração todas as normas técnicas e de segurança, e avaliando todas as possibilidades de falha de outros componentes. Desta forma, amáquina pode estar totalmente operacional novamente sem o risco de outros defeitos.

Na concepção de Peixoto (2017), a melhor maneira de aumentar a durabilidade de umamáquina injetora e reduzir o desgaste é através da manutenção preventiva. Quando a manutenção preventiva é realizada em máquinas injetoras, elas continuam funcionando de forma eficiente e sem interrupção. Ou seja, através da manutenção preventiva, podem ser descobertos problemas que possam surgir durante o funcionamento da máquina. Essa medida, portanto, prolonga a vida útil da máquina, mantendo a qualidade e a operação segura da linha.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo possibilitou analisar os principais aspectos operacionais e segurança de máquina de inserção automática. Tendo em vista que a máquina faz parte de um conjunto de operações do processo produtivo de uma empresa, onde a organização busca melhorar a produtividade de seus processos, para tanto, busca soluções essenciais que visem minimizar osproblemas que os impedem de alcançar os melhores resultados e manter a segurança dos colaboradores com uso de EPI.

Com o progresso industrial e da tecnologia, os produtos em grande escala foram transformados em pequenos dispositivos portáteis práticos. Tudo isso é possível porque a tecnologia embutida no dispositivo permite flexibilidade e miniaturização. Esse aprimoramentoem conjunto com a aplicação das ferramentas e técnicas da qualidade garantem a melhoria contínua. O estudo realizado foi de fundamental contribuição na melhoria do conhecimento sobre o processo de inserção de componentes eletrônicos utilizando máquinas, pôde-se aprender sobre softwares de programação e acompanhamento dos resultados para levantamento das variáveis dos problemas e a relevância do emprego do EPIs.

Quanto a relevância deste trabalho ao mundo acadêmico, aplica o conceito abrangente sobre otimização da sequência de inserção dos componentes eletrônicos, mas não deixa de apresentar fatores organizacionais que possibilitam um número de variáveis que afetam diretamente a produtividade das máquinas.

REFERÊNCIAS

- [1] ARAÚJO, A.F. F. Aplicação do Single Minute Exchange of Die (SMED) para a Otimização do Tempo de Produção numa Empresa de Montagem e Teste de Equipamentos Eletrônicos. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade Beira Interior, 2020.
- [2] CARMARGO, M.A.A. Redução do custo de pasta de solda no processo de tecnologia de montagem superficial (SMT). Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal do Pará, 2021.
- [3] FARIAS, F.; DE OLIVEIRA, E.F.; MAGNO, R.N.O. Desenvolvimento de dispositivo de transporte rastreável para motherboards Development of traceable transport device for motherboards. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 6, p. 54829-54847, 2021.
- [4] LAMEIRA, L.M. Sistema de inspeção visual de placas de circuito impresso. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.
- [5] MEHL, E.L.M. Conceitos Fundamentais Sobre Placas de Circuito Impresso. Disponível em http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te232/textos/PCI_Conceitos_fundamentais.pdf. Acesso em: 21 set. 2022
- [6] PEIXOTO, P.M.O. Melhoria de desempenho na área de inserção automática de SMDs, aplicando ferramentas Lean Production, numa empresa de componentes eletrônicos. 2017. Dissertação (mestrado em Engenharia Industrial) - Universidade do Minho, 2017.
- [7] SANTOS, D.M.P. MEMP: método de manutenção preditiva aplicado em máquinas de solda industriais. 2019. 74 f. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Bacharelado em Engenharia de Software) - Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara-AM, 2019.
- [8] SANTOS, M.Q.B. et al. A fabricação sustentável de máscaras face shields utilizando processos de reciclagem e upcycling Sustainable manufacturing of face shields using recycling and upcycling processes. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 9, p. 92623-92628, 2021.
- [9] SILVA, M.G. Jidoka: Conceitos e aplicação da autonomia em uma empresa da indústria eletrônica. Revista ESPACIOS, v.37, N.6, 2016.
- [10] SILVA, M.S. Estudo e análise do funcionamento de uma máquina de inserção automática no processo SMT. 2022. 47 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2022.
- [11] SOUZA, L.C.; MELO, F.X. A Importância do uso de EPI na prevenção de acidentes. Diálogos Interdisciplinares, v. 9, n. 1, p. 200-215, 2020.

Capítulo 18

Aplicação da metodologia DFE em uma manta solar

Thays Saraiva da Mota

Livia da Silva Oliveira

Resumo: O Brasil precisa aumentar sua oferta de energia, porém esta ação estratégica deve ser implementada, de forma a desenvolver a sociedade nas áreas econômica, ambiental e social. As fontes renováveis de energia promovem o desenvolvimento sustentável, mas as vantagens de sua implementação de forma distribuída são prejudicadas pela mentalidade enraizada de fornecer energia de forma centralizada, que afeta inclusive a energia solar, a qual é naturalmente dispersa. As etapas necessárias para transformação dos recursos fósseis, solares e nucleares em energia elétrica são apresentadas, mostrando a simplicidade das fontes renováveis. Metodologia do trabalho apresenta a confecção do produto, pesquisa de campo, definição do público-alvo e custo de fabricação da manta solar. Foi definido o tipo de material que seria a manta solar, quantidade de placas fotovoltaicas, pesquisa de campo com um grupo de alunos do curso de engenharia e apresentar material e o custo de fabricação dela. Resultado obtido com a utilização da manta solar é recarregar produtos de pequeno porte para utilização em viagens que tem a necessidade de recarga de aparelhos eletrônicos que a escassez de energia elétrica.

Palavras-chave: Energia solar; fontes renováveis; manta solar.

1. INTRODUÇÃO

A questão energética constitui um dos grandes desafios atuais e, ao mesmo tempo, gera grandes preocupações ambientais, na busca fontes alternativas de energia que não degrade o meio ambiente e possibilite o desenvolvimento econômico e social (DE ALMEIDA, 2022).

Com o desenvolvimento econômico mundial, o Brasil iniciou no século XIX a construção de pequenas usinas de geração de energia para atender as demandas da época tais como manufatura, mineração e agricultura, chegando ao século XX com o advento das grandes usinas hidrelétricas. Devido ao crescimento do consumo de energia elétrica no Brasil, despontou-se a necessidade de majoração do número de fontes de geração de energia elétrica também para suprir o conseqüente aumento da demanda. Nesse contexto, surge a busca por fontes alternativas de geração de energia com novas tecnologias (RIBEIRO, 2022).

No Brasil, o ponto de partida para a regulamentação do micro e minigeração distribuída aconteceu com a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012, regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (ANEEL, 2022).

O Brasil destaca-se no cenário mundial pelo seu potencial em energia limpa (72,3% da capacidade instalada de geração elétrica é por fonte renovável), tendo a fonte hidráulica como principal matriz energética (63,9%) (ANEEL, 2022).

A geração de energia com base em fontes renováveis pelos próprios consumidores tem sido aos poucos estimulada pelo governo brasileiro. Em 2015, o governo federal lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (PROGD), para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores, com base nas fontes renováveis de energia (em especial a solar fotovoltaica). O PROGD pode movimentar pouco mais de R\$ 100 bilhões em investimentos até 2030. Com ele, espera-se que até esse ano, 2,7 milhões de unidades consumidoras poderão ter energia gerada por elas mesmas, entre residências, comércios, indústrias e no setor agrícola, o que pode resultar em 23.500MW (48TWh produzidos) de energia limpa e renovável, o equivalente à metade da geração da Usina Hidrelétrica de Itaipu. Com isso, o Brasil pode evitar que sejam emitidos 29×10^3 toneladas de CO² na atmosfera (ALVES, 2021).

A Energia Solar apresenta inúmeras vantagens, principalmente em países como o Brasil, onde o Sol é soberano na maioria das regiões pois é uma energia limpa, pois não gera nenhum tipo de poluição, a menos da poluição indireta na fabricação dos painéis, instalação muito simples, não necessitando assistência técnica, mínima manutenção, pois não há desgaste dos módulos ou placas solares, vida útil dos módulos, comprovadamente superior a 25 anos, não consome combustíveis e permite autossuficiência energética (SOLAR, 2020).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho aplicou-se o *Design for Environment* (DfE) onde é uma estratégia proativa de gestão ambiental que busca integrar as questões ambientais ao processo de desenvolvimento de produtos, de forma a melhorar o desempenho ambiental dos produtos desenvolvidos sem comprometer os requisitos de

clientes e demais fatores críticos de sucesso ao produto, como segurança, qualidade, custo, estética etc. (CAI, 2022).

Para o desenvolvimento do projeto utilizou-se como fonte renovável o que temos em abundância que é o sol, onde pode-se armazenar a energia que é transmitida através dos raios solares. Trabalho apresenta a metodologia conforme Figura 1.

Figura 1: Metodologia do trabalho



Fonte: Autores (2022)

A fabricação de células solares é parecida com a produção dos chips de computadores, baseada em materiais semicondutores. A matéria-prima básica para a fabricação das células é o silício. Ele é purificado (extração de impurezas inerentes ao silício) e fundido num cristal cilíndrico. Depois, esse cilindro é cortado por uma serra de dentes de diamante em fatias muito finas. Essas lâminas passam por etapas de limpeza e recozimento em fornos de alta temperatura, quando se difunde fósforo sobre elas. A reunião de uma camada contaminada com fósforo ao silício constitui a junção semicondutora responsável pelo funcionamento da célula fotovoltaica (SOLAR, 2020).

Uma célula de placa solar tem a tensão de 12 V e uma potência de 1,5 W que se faz necessário para carregar uma bateria de celular e baterias de pequeno DC conforme Figura 2.

Figura 2: Célula de placa solar



Fonte: COMPRA (2022)

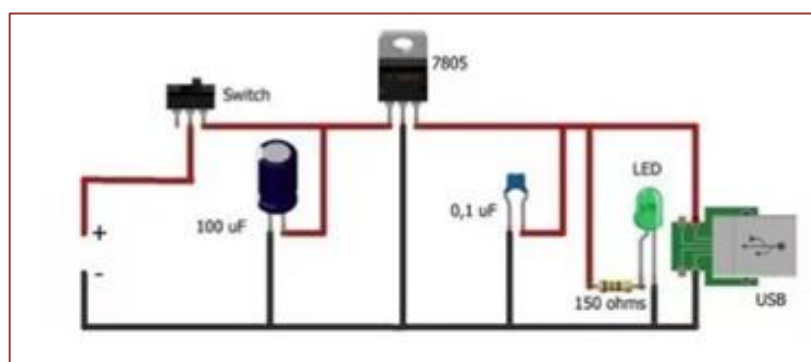
Utilizou-se tapete de segurança como modelo para manta solar, pois é um material maleável onde poderia se encaixar muito bem em uma mala ou mochila. Levou-se em consideração o peso, porque não poderia ser algo muito pesado e que tivesse fácil mobilidade.

O tapete de segurança é feito de poliuretano (PU), composto e patenteado em 1937 pela atual companhia Bayer AG de Leverkusen (Alemanha), é considerado um dos principais polímeros das últimas décadas, dentre outros motivos, pela imensa versatilidade em se obter materiais com propriedades físicas e químicas diferentes (CARMO, 2020).

O poliuretano é um dos maiores produtos poliméricos da família do plástico e como consequência direta ao seu grande uso comercial, uma quantidade elevada de resíduos precisa ser tratada, e assim, na última década, uma porcentagem crescente desses resíduos acabou sendo descartada em aterros (GROTTO, 2020).

Sistema elétrico será composto por um *Switch*, *LED*, conector USB, Regulador de tensão 5V 7805, Capacitor eletrolítico de 100uF, capacitor poliéster 0,1 uF, resistor de 150ohms para compor parte elétrica da manta solar conforme Figura 3.

Figura 3: Sistema elétrico



Fonte: COMPRAS (2022)

Custo de fabricação da manta solar ficou composto com base em pesquisa de mercado conforme Tabela 1.

Tabela 1: Custo de fabricação da manta solar

IT	Material	QTD	Valor Uni.	Valor
1	Tapeta de segurança	1	279	279
2	Célula de placar solar	4	35	140
3	Regulador de tensão	1	12,9	12,9
4	Capacitor eletrônico	1	1,8	1,8
5	Capacitor de poliéster	1	1,04	1,04
6	Resistor de 150 ohms	1	1,5	1,5
7	LED verde	1	0,15	0,15
8	Conector USB fêmea	1	1,26	1,26
9	Chave para ligar/desligar	1	2,9	2,9
10	Conector de fios	1	5,4	5,4
11	Placa de circuito	1	4,9	4,9
12	Case	1	29,9	29,9
Total				480,75

Fonte: Autores (2022)

O custo de fabricação (Tabela 1) estaria em torno de R\$ 480,75 reais no valor unitário, mas no caso de fabricação em grande escala o valor do produto pode sofrer uma redução significativa, onde para a fabricação do produto levou em consideração os seguintes componentes que é uma manta 40x25cm de material poliuretano preto e 4 células de placa solar e uma entrada de cabo USB.

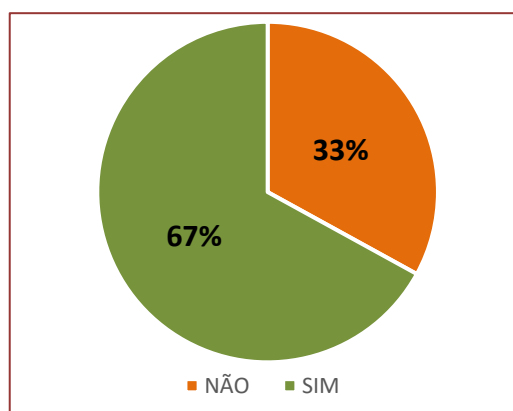
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a metodologia do trabalho e realização de pesquisa através de questionários, surgem à tona, nessa parte do estudo, os dados analisados e interpretados e advindos da aplicação de 30 questionários obtidos através de medias sociais. Como informado, foi obtido como amostra, uma quantidade de 30 questionários através da plataforma Google Docs.

Essa parte do trabalho teve por objetivo levantar o perfil dos respondentes ao analisar suas respostas a fim de se identificar práticas de consumo de energia elétrica durante viagens, bem como, a predisposição em implementar manta solar. Por isso mesmo, essa análise é dividida em 2 gráficos.

A Figura 4 avaliou um grupo de 30 pessoas, para a utilização da manta solar, onde 67% do grupo votou sim na utilização do produto.

Figura 4: Pesquisa de utilização da manta solar

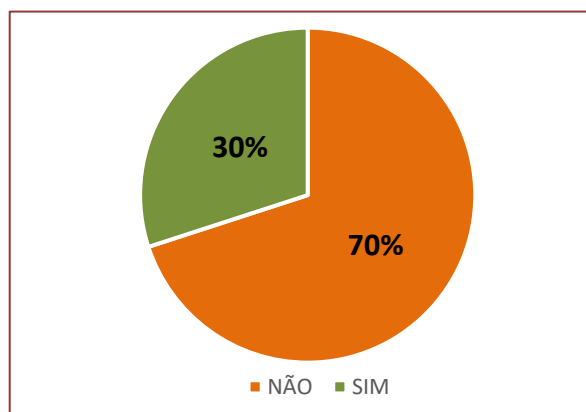


Fonte: Autores (2022)

O nível de aceitação do equipamento é de 67%, um número muito positivo, pois se trataria de um produto totalmente novo no mercado. Tendo como base de pesquisa e coleta de dados o desenvolvimento de novos produtos e as tecnologias no mercado de internet (GRUTZMANN,2019).

No contexto da inovação, o conceito de produto tem sido entendido como um conjunto de atributos tangíveis e intangíveis que possa ser consumido por um mercado, suprimindo necessidades e desejos (GRUTZMANN,2019).

A Figura 5 levou em consideração o custo do produto no mercado.

Figura 5: Custo x benefícios

Fonte: Autores (2022)

Uma grande parcela não achou o custo do produto muito atrativo(caro) e nem vantajoso, talvez muitos não tenham levado em consideração o impacto na sustentabilidade que o produto oferece, onde ele deixar de depender da energia elétrica, e de responsabilidade corporativa e social indagar uma abordagem ecológica e eficiente ao consumo energético. Onde o desenvolvimento passa por diversos aspectos e todos devem convergir para preservação do meio ambiente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após aplicação dos formulários de pesquisa no mercado, observou-se a possibilidade de melhorar o material que foi utilizado na manta, por exemplo, substituir o poliuretano preto por um material biodegradável que venha eliminar a utilização do petróleo que seria um recurso limitado na natureza e reduzir o valor agregado do produto. A manta solar tem um impacto muito significativo em locais sem acesso à energia elétrica, pois seria útil para carregar aparelhos eletrônicos de pequeno porte como celular, GPS digital e outros equipamentos recarregáveis. Foi encontrado no mercado dois materiais que poderiam substituir o material de origem do petróleo que seria o polímero poliuretano obtido a partir do óleo de mamona e o PHB (polihidroxibutirato) obtido a partir do bagaço da cana. O óleo de mamona possui composição 89% da triglicéride do ácido ricinoleico (molécula representada abaixo), que é considerado um poliálcool poliéster natural, trifuncional. Já o PHB é produzido por meio da ação de bactérias que se alimentam do bagaço da cana-de-açúcar e formam o referido polímero dentro de si. Ele pode ser usado na fabricação de vasos, colheres e sacolas plásticas, entre outros. Porém por se tratar de um material novo, ele encontra vários desafios, um deles seria a falta de versatilidade dos plásticos comuns.

A geração de energia fotovoltaica com base na literatura pesquisa é considerada uma fonte alternativa de energia limpa sem ocasionar impactos ambientais apenas quando os sistemas se encontram em efetiva operação. Sendo que, somente em relação à produção dos painéis solares e dos seus componentes periféricos necessários para montagem produzem impactos ambientais, o que o torna grande emissor de dióxido de carbono (CO₂) em potencial na atmosfera. Podemos constatar também através deste estudo, que a maioria das pesquisas encontradas utilizam sistemas fotovoltaicos em modelos de teste de simulação matemática combinadas a outras fontes de energia

renováveis, os chamados sistemas híbridos de produção de energia, tendo maior predominância nos sistemas eólicos-fotovoltaicos. Sendo que no Brasil, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede de energia elétrica estão mais disseminados do que os sistemas fotovoltaicos isolados, principalmente, na utilização em residências familiares em centros urbanos.

REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, Anna Raisa Da Costa et al. A radiação solar é efetiva o ano inteiro para geração de energia solar fotovoltaica em Santarém-PA, Amazônia, Brasil?. *Conjecturas*, v. 21, n. 5, p. 509-522, 2021.
- [2] ANEEL. Fontes de Energia. Banco de Informações de Geração (BIG). Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>>. Acesso em: 07 Nov. 2022.
- [3] BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Geração distribuída: ANEEL, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em 07 de Nov. 2022
- [4] CAI, Ya-Jun et al. Producer's choice of design-for-environment under environmental taxation. *European Journal of Operational Research*, v. 297, n. 2, p. 532-544, 2022.
- [5] CARMO, Kerciely Martins; DA SILVA, Mercês Coelho; MORELLI, Carolina Lipparelli. Reaproveitamento de resíduo de espuma rígida de poliuretano em uma matriz termoplástica de poliuretano. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, p. e127932695-e127932695, 2020.
- [6] COMPRA, Painéis solares, Disponível em: <https://www.ocompra.com/brasil/item/celula-painel-placa-solar-12v-18v-1-5w-carrega-bateria-12v-769001478/>. Acesso em 15 Nov. 2022
- [7] DE ALMEIDA, Hermes Alves; DE ALMEIDA, Ednaldo de Ceita Vicente. Potencial da energia solar fotovoltaica no Semiárido nordestino. *Concilium*, v. 22, n. 2, p. 197-210, 2022.
- [8] GROTTTO, André Carlos; HEMKEMEIER, Marcelo; ROSSATO, Maiara Vizioli. Sustentabilidade no uso de poliuretano e reutilizações de aparas. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, p. e99891110685-e99891110685, 2020.
- [9] GRÜTZMANN, André; ZAMBALDE, André Luiz; BERMEJO, Paulo Henrique de Souza. Inovação, Desenvolvimento de Novos Produtos e as Tecnologias Internet: estudo em empresas brasileiras. *Gestão & Produção*, v. 26, 2019.
- [10] RIBEIRO, Patrícia de Freitas Reis Vilela; BRAGA, Ricardo Fabel; REZENDE, Elcio Nacur. A IMPORTÂNCIA DA ENERGIA SOLAR NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E OS RUMOS DA POLÍTICA PÚBLICA PARA INCENTIVO A ESSA FONTE RENOVÁVEL NO BRASIL. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, v. 8, n. 1, 2022.
- [11] SOLAR, Portal. Energia solar. Acesso em, v. 15, n. 03, p. 202013-2014, 2020.

Capítulo 19

Automatização do teste funcional de rigidez dielétrica (HIPOT) em uma indústria de eletroeletrônico no Polo Industrial de Manaus-AM

Victor Hugo da Silva

Waylen Ferreira de Barros

Livia da Silva Oliveira

Resumo: Uma empresa competitiva com o mercado, preza em investir e aprimorar seus produtos, contudo, deve-se investir também nos testes funcionais. Na linha de eletroeletrônicos se realiza o teste de Rigidez Dielétrica (HIPOT), que em inglês significa High Potential. Esse teste é um dos mais importantes testes funcionais de um produto, pois é ele que garante a segurança e qualidade do produto, é um teste obrigatório na linha de produção, pós montagem final. O projeto ocorreu em uma empresa que fabrica produtos de SOM, onde o posto de HI-POT é realizado de forma manual por um operador, e o desafio é automatizar esse processo de modo que essa operação não seja mais realizada por uma pessoa, e o processo seja otimizado, reduzindo o tempo de teste, garantindo a segurança e qualidade do produto.

Palavras-chave: HI-POT; produto; qualidade; otimizar; processo.

1. INTRODUÇÃO

Na indústria de eletroeletrônicos sabe-se que há a necessidade de sempre estar se inovando (CAROLINA, 2017). Com a massificação dos produtos, a linha de produção tem a necessidade de se adaptar na mesma proporção, sabe-se que antigamente os produtos eram feitos de forma manual, conseqüentemente proporcionava baixas produções e não eram de boa qualidade e confiabilidade (ZUCHI e SAKURAI, 2018). Há várias formas de se inovar dentro de uma empresa, seja ela por qualificação operacional, e por meio da Automação industrial. Em uma indústria considerada 4.0, o que trará resultados de produto conforme e verificação de etapas, serão os equipamentos que sinalizará a possibilidades de falhas ou de se refazer algum processo (MARGOTTI, 2021).

Para garantir a ótima qualidade para o cliente, se faz necessário a implementação de testes funcionais, que detectam potenciais falhas em partes do produto, sua principal é testar as entradas e saídas do sistema (SOARES, 2020), pois nem tudo está baseado em somente produzir, o processo inteiro irá definir a boa qualidade do produto. Em um produto eletroeletrônico deve-se ter alguns cuidados por se usar Energia Elétrica (AC/DC), onde deve-se garantir que o produto não seja descarregado no cliente, no momento da montagem ou danificar as placas, sabe-se que a principal norma que visa a segurança com eletricidade, é a norma NR-10, para Rodrigues (2016), “Se os equipamentos não forem instalados de forma que atenda a norma, há uma grande possibilidade de haver um acidente com eletricidade”.

O HI-POT realiza o ensaio de rigidez (resistência) do produto, e é medida através de um certo nível de tensão suportável e corrente (BELEZZA, 2021). A definição do HIPOT é, tensão primária fornecida ao produto que é AC 120~240 V e tensão secundária DC 3.3 V, 5 V, 12 V, 12 V e assim por diante. Deve ser isolado para que a tensão não seja permitida para a secundária da tensão primária, portanto a finalidade é testar a quebra do isolamento ao permitir alta voltagem para primário e secundário. Teste NG significa “quebra de isolamento”, que pode causar choque elétrico e incêndio devido a faísca. O teste é realizado na última etapa de montagem do produto, visando a qualidade e segurança (CAMPANUCCI, 2017).

Produtos em massa necessitam de testes e ajustes na mesma proporção. Hoje o teste é realizado de forma manual por um operador de produção, onde tem-se as seguintes problemáticas: perda de produção, manuseio de cabos e acionamento manual de botoeiras, e conseqüentemente existe o risco de choque elétrico. Todas as diretrizes quanto à criticidade desse equipamento são estabelecidas pelo INMETRO, baseado na portaria Nº 371 de 29 de dezembro de 2009, juntamente com a norma ABNT NBR NM 60335-1, e ABNT 14136:2002, que diz que o Teste de Rigidez Dielétrica deve ser realizado em todo equipamento que ofereça riscos elétricos, mecânicos, térmicos, de fogo e radiação, e deve ser feito exclusivamente pelo fabricante do produto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi aplicado a inspeção do teste de HI-POT após a montagem do produto na linha de fabricação de mídia (Speaker Loud), onde o processo é composto por operadores e algumas máquinas.

Onde já se tem as placas de potência (PCB Power), e a placa principal (PCB Main). Tem-se diversos tipos de materiais dependendo do produto, e o valor de tensão aplicada

normalmente é definida com amostras, e estipulado médias. Para pontos de aplicação e valores básicos, conforme Tabela 1, para o produto da linha é usado o valor destacado:

Tabela 1: Tensões de ensaio

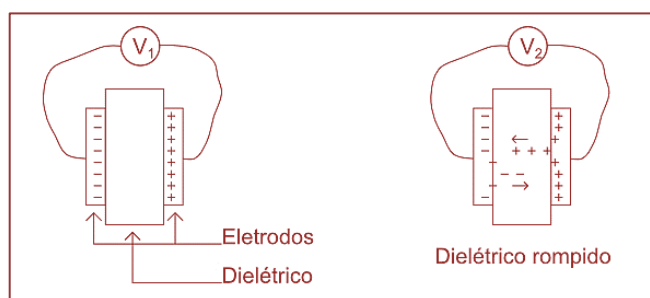
Pontos de aplicação	Tensão de ensaio (V)		Aparelhos de classe III
	Aparelhos de classe 0, aparelhos de classe 0I		
	Aparelhos de classe I, aparelhos de classe II		
Entre as partes vivas e partes metálicas acessíveis separadas de partes vivas por - Somente isolamento básica - Isolação dupla ou reforçada	Tensão Nominal		400
	<=150 V	>150 V	
	800	1000	
	2000	2500	
Este ensaio não é aplicável para aparelhos classe 0			
Para aparelhos classe 0I e I, este ensaio não precisa ser realizado em partes de construção classe II se o ensaio é considerado como sendo inadequado			

Fonte: Ensaio de tensão suportável - Portaria INMETRO 371 - Equipamentos eletrodomésticos

Há alguns critérios que precisam ser levados em conta, sendo, o gerador de tensão deve estar atuando no seu limite máximo de corrente. Há a possibilidade de trabalhar com duas grandezas CA/CC, mas para o projeto usou-se CA.

Para a definição de como funciona o rompimento dos elétrons dentro de um material, deve-se considerar que todo material dielétrico é um bom condutor, ou seja, não existem elétrons livres na sua camada, porém se submetidos a um nível muito alto de tensão, esse isolamento pode se romper (BATISTEL, 2017) a Figura 1 mostra isso:

Figura 1: Rompimento da Barreira de Potencial



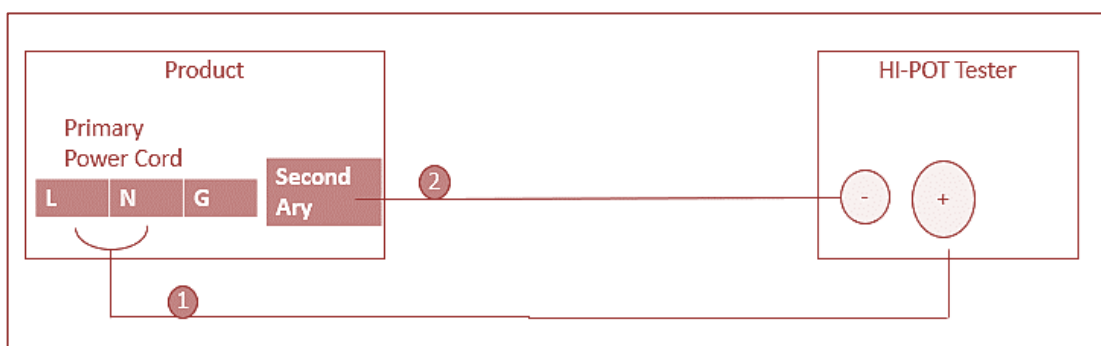
Fonte: Ensaio de rigidez dielétrica - Norma NBR 60601-1 - Equipamentos eletromédicos sob regime da ANVISA

Os materiais elétricos são classificados como condutores ou resistivos (não condutores), para o entendimento do produto é necessário ter esse entendimento, pois o teste irá justamente fazer essa comparação, para Schmidt (2015) “O que irá definir o

material são algumas grandezas como: condutividade ou resistividade térmica, potencial de contato e força termoelétrica, comportamento mecânico”.

Para o projeto proposto usou-se o conceito básico de funcionamento do teste da Figura 2:

Figura 2: Diagrama em Blocos do sistema Semiautomático do HI-POT



Fonte: Autores (2022)

O produto é conectado direto com o Power Cord na fonte de alimentação 220 V, e o circuito é exclusivo, ou seja, tem-se um barramento específico para esse teste, pois como trabalha-se com alta tensão, e na linha de produção há outros circuitos, há o risco de comprometer os mesmos caso conectados ao mesmo barramento, o processo de conectar o cabo de força do aparelho, é feito pelo operador de produção na área de testes, quando o produto já está totalmente montado, o equipamento precisa ser ajustado de acordo com a especificação técnica de cada produto, considerando dados da Tabela 2:

Tabela 2: Teste Voltagem (AC) e GND (Spec)

	Power Cord	HTS
2 Poles	Japon	1500 V (AC)
	Other	3000 V (AC)
3 Poles	Japan	1200 V (AC)
	Other	1500 V (AC)
Cut off Currente	100 mA (AC)/10 mA (DC)	
Earth Continually teste (3 poles only)	<=1Ω at 25 A/1 sec	

Fonte: Autores (2022)

A especificação utilizada foi de 3 Poles, em Tensão de 1500 V (AC), com uma corrente de 100 mA, especificações imputadas manualmente no gerador antes de iniciar o teste, os valores podem ser vistos no próprio display do gerador. Os componentes usados estão listados abaixo:

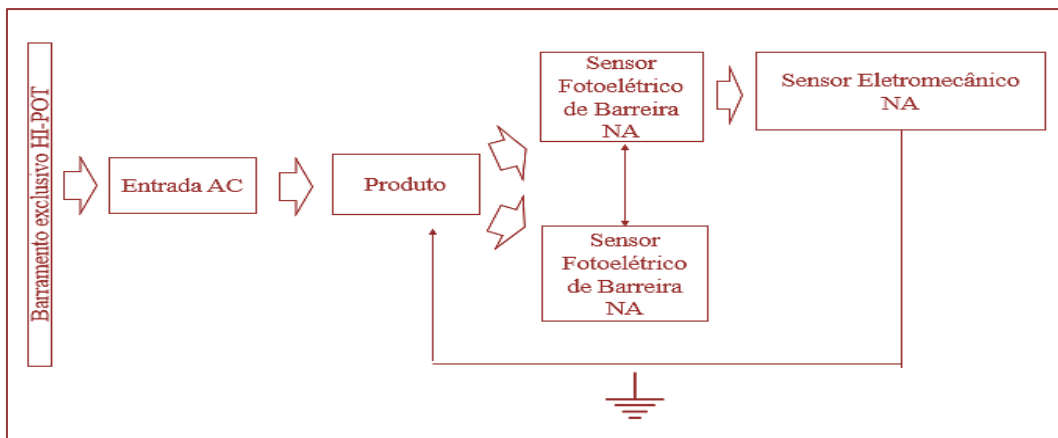
- Sensor Fotoelétrico de barreira – Normalmente Aberto;
- Cabo Conversor USB Serial RS-232 DB9;

- LED's de sinalização (Verde, amarelo e vermelho);
- Sensor eletromecânico – Normalmente aberto

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a melhoria foi automatizado esse processo de modo que, o produto já energizado pelo cabo de força, irá ser acionado primeiramente pelo sensor de barreira que identifica o produto, em paralelo o sensor eletromecânico que tem a função de fazer o GND do circuito, ele é composto por uma barra esférica de metal ou por dispositivo metálico ajustável, que entrará em contato direto com a parte metálica do produto. Ou seja, o Sensor Fotoelétrico faz a função do acionamento automático, considerando que ele é um Sensor NA, o sensor eletromecânico será acionado ao mesmo tempo em que o anterior for acionado. Para a linha de AV foi projetado o dispositivo eletromecânico em função do sensor fotoelétrico, ou seja, ele foi projetado de forma que no momento que o SFB for verdadeiro, o SE entra em estado de verdadeiro também, para essa situação o dispositivo mecânico é eletropneumático, quando acionado o pistão trabalha para frente e entra em contato com a parte metálica do produto, o diagrama em blocos da Figura 3, mostra esse processo:

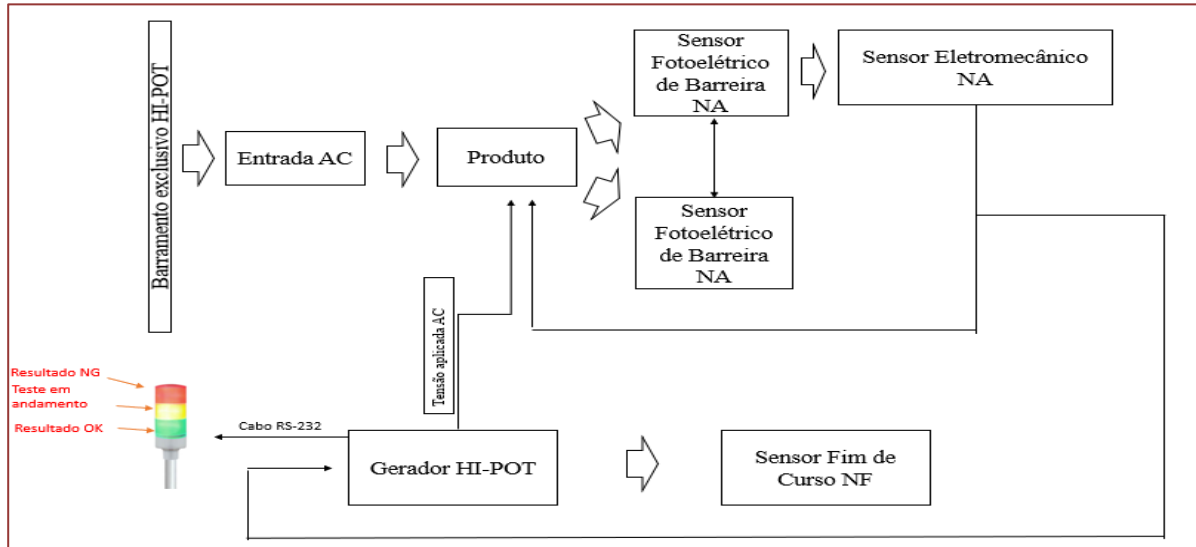
Figura 3: Diagrama em Blocos Acionamento de Sensores



Fonte: Autores (2022)

Uma vez que os sensores estão acionados, o Gerador HI-POT entra em funcionamento, injetando assim o valor de tensão especificado conforme cada produto. O Gerador somente é acionado quando há o fechamento de todas as chaves. Quando acontece o fechamento do circuito já automatizado, o sinal é injetado no produto, e a partir desse momento o gerador tem de 2 a 3 segundos para mostra o resultado do teste, “Ok” significa dizer que a resistência dielétrica do produto está adequada, ou seja, não há vazamento de tensão, e quando o resultado é apresentado como “NG”, há algum problema com as placas eletrônicas, ou até mesmo com alguma parte da montagem, é necessário ser feito a análise na bancada técnica, o diagrama abaixo Figura 4 mostra o processo completo:

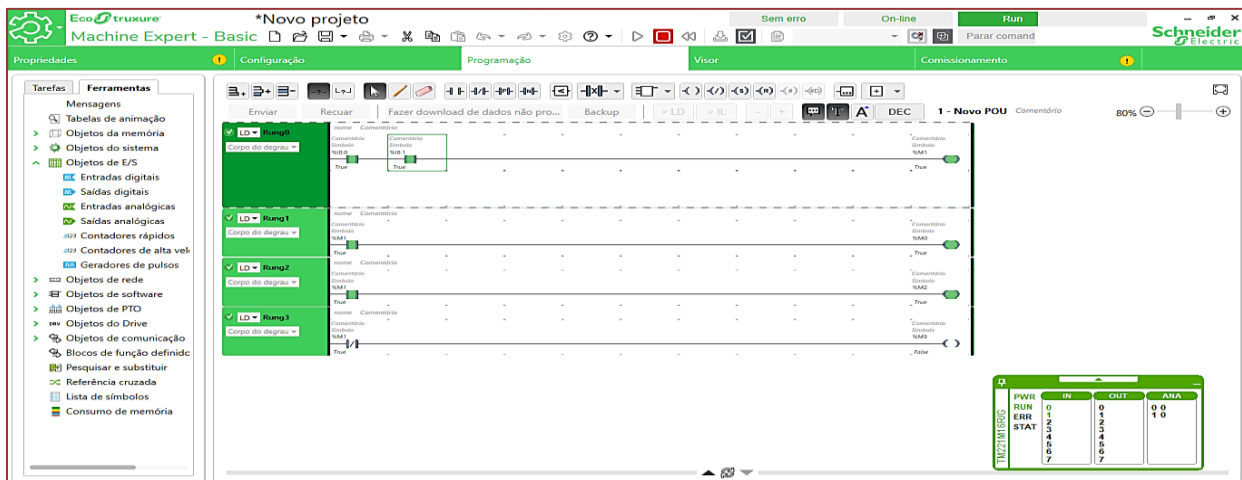
Figura 4: Diagrama em Blocos Acionamento de Sensores, Sinal de Tensão injetado na carga



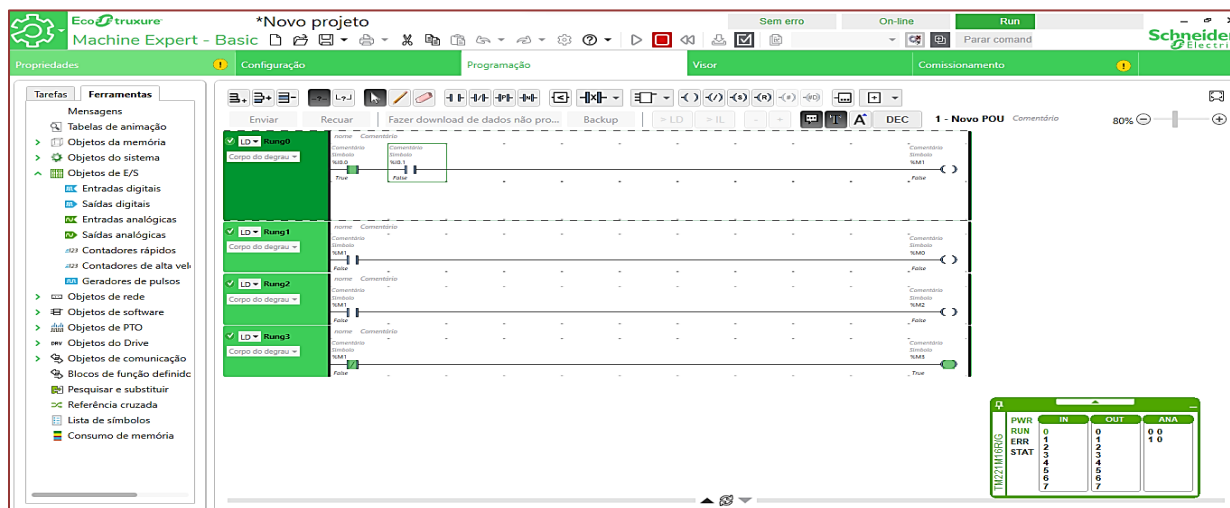
Fonte: Autores (2022)

Para evidência do projeto apresentado, usou-se o Software EcoEstruxure Machine Expert – Basic, em Ladder, Figura 5 e 6:

Figura 5: Simulação acionamento de sensores (teste OK, led verde)



Fonte: Autores (2022)

Figura 6: Simulação teste NG (acionamento led vermelho)

Fonte: Autores (2022)

Conseguiu-se projetar a automação no teste de HI-POT de forma que ele não perdesse nenhuma de suas propriedades, que são: Injetar tensão e corrente no produto, seguindo as normas propostas, garantindo a qualidade e segurança do processo produtivo, e dos operadores. O teste automatizado garante que não haja nenhuma fuga de corrente no produto, e além do mais dá esse resultado de forma visual, via LED's de sinalização, não somente na interface do gerador, o operador que faz essa nova inspeção é o mesmo que conecta o cabo de força no aparelho.

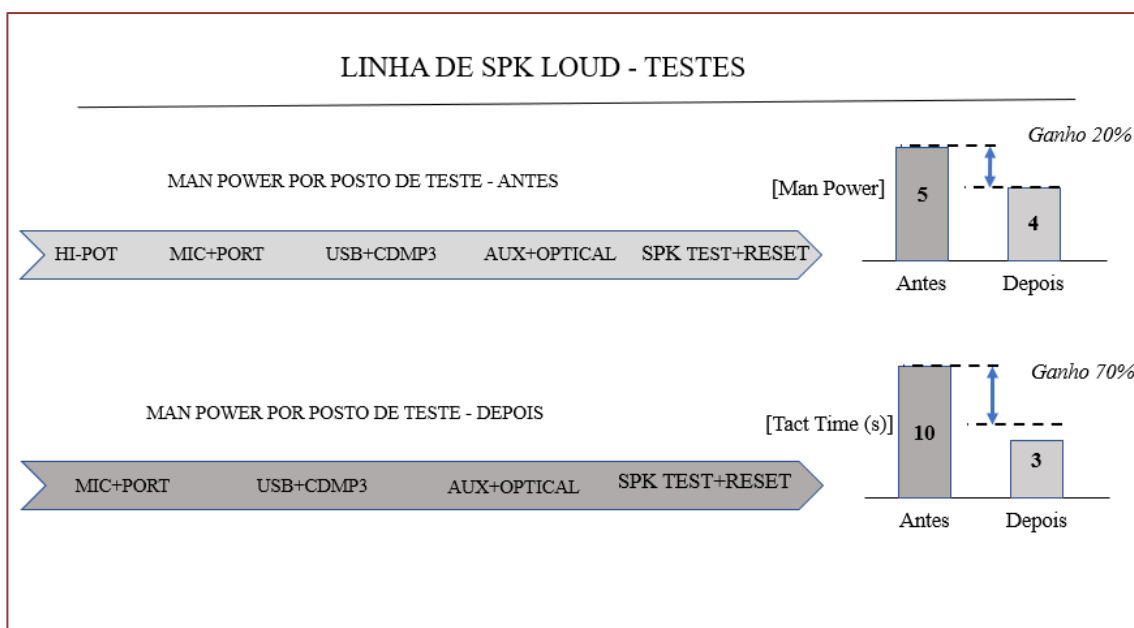
O HI-POT é um Gerador de Alta Tensão, então quando mais segurança o operador tiver, melhor, portanto, com essa melhoria aplicada, tem-se menos risco de choque elétrico, tendo em vista que não há mais uma pessoa conectando um cabo.

Para o projeto apresentado, implementado na linha de AV, conseguiu-se ganhar um ManPower, tendo em vista que o teste era realizado de forma manual, via acionamento de botoeira, e conexão do cabo na entrada USB para o GND. Consequentemente houve uma otimização do processo, em que o movimento que era realizado para conectar o cabo e apertar o botão, não é mais realizado.

Uma empresa que deseja ser competitiva com o mercado que hoje é bem acirrado, deve em primeiro lugar garantir a fidelidade do cliente, consequentemente deve-se aplicar o Lean Manufacturing, produzindo muito, em menor tempo, com menos custos possíveis e claro, com qualidade, ou melhor, substituindo trabalhos manuais por automação (ROIG, 2017). A Automação da linha de produção, permite a redução de falhas, e se antecipar em relação a elas, aumentando assim a eficiência do processo (GOEPIK, 2020). As operações que são realizadas de forma manual geram custos para a empresa, pois é uma pessoa, e um processo automatizado possibilita sustentabilidade para empresa, onde o sistema ou máquina é programado para trabalhar conforme fluxo da linha, sem a necessidade de adicionar uma mão de obra.

A seguir, estão mostrados os resultados obtidos com a implementação da automação no posto de Teste de HI-POT, Figura 7.

Figura 7: Layout e Ganhos



Fonte: Autores (2022)

No layout pode-se observar que há 5 operadores para realização dos testes do produto, 1 especificamente para realizar o teste de HI-POT. O teste de HGI-POT tem um Tact Time (Tempo de teste) de 10 segundos, onde o operador conecta o cabo USB, e aperta o comando NA. Com a automatização do processo, esse operador foi retirado, e conseguiu-se um ganho de um Man Power, e reduzindo o tempo de teste para 3 segundos. Assim obtendo-se um ganho de Man Power de 20%, e tempo de teste de 70%, comprovando assim que a melhoria tem um resultado considerável, não somente economicamente, mas também visando a qualidade do produto, pois não terá mais manuseio do cabo, evitando assim os riscos de danificar a porta USB da Placa, ou até mesmo riscando a parte metálica do aparelho.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Automação vem evoluindo cada vez mais na indústria, e uma empresa que não procura implementar ela em seu processo, fica para trás no mercado, pois sabe-se que mercado está cada vez mais exigente. Há vários métodos de aplicar a automatização nas linhas de produção, seja ela por robótica, programação, sensoramento e entre outros.

Para o projeto apresentado, conseguiu-se implementar a melhoria de forma que nosso processo fosse otimizado no sentido de ganharmos uma mão de obra, e se tratando de trabalho com eletricidade, conseguiu-se obter mais segurança no teste funcional de HI-POT. O principal objeto no projeto foi acionamento de sensores, e lógica booleana, onde substituímos os processos manuais, e o principal objetivo era otimizar o processo.

Todos os testes funcionais são necessários para garantir a total qualidade do produto, e de várias formas eles podem ser executados no processo produtivo, automatizando esses testes consegue-se otimizar e dar mais robustez nos testes.

REFERÊNCIAS

- [1] CAROLINA ANTONIOLLI, ISADORA - Análise e otimização de uma linha de produção do setor de automóveis, 2017 Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.22/10493GOEPIK>. Acesso em: 13/11/22
- [2] SAKURA, RUUDI e ZUCHI, JEDERSON DONIZETE - As Revoluções Industriais Até A Industria 4.0 - 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386>. Acesso em 15, setembro, 2022.
- [3] MARGOTTI, EMILIANA - Como a CERTI atua para a garantia da qualidade de produtos e processos - Publicado em 23/07/2021. Disponível em: <https://certi.org.br/blog/garantia-da-qualidade-produtos-processos/>. Acesso em 10, setembro, 2022.
- [4] SOARES, JOÃO PAULO - As Principais técnicas de testes funcionais - (2020) - Disponível em: <https://www.treinaweb.com.br/blog/autor/joao-paulo-soares>. Acesso em 01, novembro, 2022.
- [5] RODRIGUES, J. S. J. NR - 10 - Segurança em Eletricidade, uma visão prática. 2ª Edição. São Paulo, Pinheiros, Editora Saraiva, 2016, p. 16.
- [6] BELLEZA, KEVIN CARDENAS -- Procedimentos E Testes De Manutenção Elétrica Em Subestações Abridadas De 13,8 Kv -2021. Disponível em https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/5902/6/TCC_KevinCardenas.pdf. Acesso em 01, novembro, 2022
- [7] CAMPANUCCI, T. V. Importância do Teste Dielétrico em equipamentos de segurança - 2017. Disponível em http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/18260/1/CT_CEEEST_XXXIII_2017_42.pdf. Acesso em 28, novembro, 2022.
- [8] BATISTEL FERNANDO CESAR - Materiais elétricos e semicondutores - Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2017.
- [9] SCHMIDT, W. Materiais Elétricos - Condutores e Semicondutores. 3ª Edição, v. 1. São Paulo, Editora Blucher, 2015, p. 25.
- [10] ROIG, M. (1 de agosto de 2017). 7 benefícios da automação de processos. Disponível em Administradores.com: <http://www.administradores.com.br/noticias/negocios/7-beneficios-da-automacao-deprocessos/120576/>. Acesso em: 13/11/22
- [11] GOEPIK. Os benefícios de implementar a Indústria 4.0 em 2020. Disponível em: <https://www.goepik.com.br/beneficios-implementar-industria40-em-2020>. Acesso em 15, setembro, 2022.

Capítulo 20

Sistema de monitoramento ESD para JIGAS de teste elétrico: Identificar condições ESD dos equipamentos elétricos de acordo com as normas ANSI/ESD S20.20

*Waylen Ferreira de Barros
Victor Hugo da Silva e Silva
Kate Suellen Gemaque Mota
Livia da Silva Oliveira*

Resumo: A eletricidade estática ou ESD, do inglês *Electrostatic Discharge*, é um fenômeno físico que não se vê, mas se sente, pois causa perda de produção, de tempo, de matéria-prima, podendo ainda criar incêndios, choque em operadores, contaminações com fuligem ou pó e causar graves danos aos componentes eletrônicos sensíveis, requerendo altos custos de manutenção e/ou reparos em serviços de campo. O objetivo deste dispositivo é identificar rapidamente durante o teste de placa qualquer equipamento que compõem um giga de teste elétrico que não estejam com aterramento adequado e que possa ocasionar uma descarga elétrica estática em algum componente da placa assim ocasionando a queima do componente e até mesmo dá placa. Os resultados são extremamente positivos e de um custo muito baixo mediante aos problemas e perda de produção. Com isso mostra a importância que deve ser dada sobre problemas ocasionados por ESD; Alertar e orientar as empresas do segmento eletroeletrônico sobre a importância do controle, descrever os mecanismos, as influências e as sensibilidades de alguns componentes quando submetidos a essas descargas, bem como sugerir alguns procedimentos e meios de proteção. Este estudo de caso ocorreu em uma Fábrica de eletroeletrônico que fabricam notebooks. O dispositivo vem proporcionando grandes resultados elevando produtividade e diminuindo custos produtivos. Melhorando a qualidade do produto e assim aumentando a competitividade.

Palavra-chave: ESD; jigas de teste; sistema de monitoramento.

1. INTRODUÇÃO

O mercado de componentes semicondutores vem sofrendo uma queda e com isto, grande parte das demandas são voltadas para dispositivos com diversas funcionalidades e que mantenham o baixo custo. Segundo Nascimento (2019), estas demandas de semicondutores geralmente estão com maior demanda em equipamentos portáteis, exemplo *smartphones*, além de equipamentos que exijam a retenção de informações para armazenamento e processamento, assegurando assim a qualidade do produto ao consumidor.

A utilização destes componentes semicondutores, requerem uma atenção devido a sensibilidade que os componentes possuem, principalmente no que tange a descarga ESD. Segundo Bombazar (2020), a descarga eletrostática vem sendo conhecida como um dos problemas comum aos equipamentos elétricos e eletrônicos, pois com a inserção de materiais poliméricos isolantes mais presentes nos equipamentos, os riscos com descargas eletrostáticas que não eram identificados antigamente passaram a ocorrer, visto que tais materiais não possuem a capacidade de dissipação das consideradas cargas pontuais.

O desenvolvimento de procedimentos e equipamentos de segurança, mecanismos de proteção e treinamento de pessoas que trabalham com equipamentos sensíveis e descargas eletrostáticas, é fundamental para evitar a redução dos lucros, atender as metas empresariais e garantir risco para a segurança das pessoas. Na visão de Lima (2021), para que sejam evitadas falhas nos dispositivos eletrônicos, devem ser tomadas precauções quanto a todas as áreas e departamentos que possam gerar energia ESD (*Electrostatic Discharge*), no qual deverão ser considerados o transporte apropriado dos componentes, embalagens adequadas para a proteção e projeção de um ambiente controlado e protegido contra carga estática e auxiliando na dissipação de cargas presentes.

Segundo a ANSI/ESD S20.20-2014, proteção de Partes, Montagens e Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (Excluindo Dispositivos Explosivos de Iniciação Elétrica) - fornece requisitos administrativos e técnicos para estabelecer, implementar e manter um Programa de Controle de ESD para proteger componentes elétricos ou eletrônicos, montagens e equipamentos suscetíveis a danos de ESD por descargas do Modelo do Corpo Humano (HBM) maiores ou iguais a 100 volts (BSI BRASIL).

Ainda segundo a certificação ANSI/ESD S20.20-2014, a segurança dos componentes são baseados nestes princípios fundamentais de controle estático, no qual todos os condutores de uma determinada instalação devem estar ligados ou eletricamente conectados e presos a um aterramento; Todos os não condutores necessários em uma instalação não podem perder sua carga eletrostática por fixação ou conexão com a terra.

Segundo Avelino (2019), as grandes OEM's (Fabricante Original do Equipamento) e EMS's (Componentes eletrônicos interinos de reconhecimento mundial) que são os maiores consumidores de componentes eletrônicos do mundo explicam que não é fácil lidar com componentes eletrônicos, e acreditam que ainda vai ficar mais difícil, pois cada vez mais estão ficando menores e sensíveis e requerem uma série de cuidados que se iniciam na matéria-prima, front-end, back end, encapsulamento, logística até as fábricas, montagem e entrega no cliente final em forma de produto acabado.

Analisando tais dificuldades encontradas pelas organizações quanto aos cuidados com componentes eletrônicos expostos a descargas eletrostáticas, este estudo tem como objetivo principal identificar condições de ESD nos equipamentos elétricos de acordo com

as normas ANSI/ ESD 20.20. (É um padrão multissetorial administrado pela ESD Association por meio de Organismos de Certificação ISO9000 credenciados que atenderam aos requisitos deste programa. O Programa de Certificação de Instalações usa métodos de controle padrão e orientação para avaliar o programa ESD de uma instalação e garantir que os padrões ANSI/ESD S20.20 ou IEC 61340-5-1 sejam atendidos). Assim como abordar sobre os seguintes objetivos específico, sendo eles: identificar os principais impactos de falhas no processo de testes de placas eletrônicas sem o sistema de monitoramentos de ESD; implementar um sistema de identificação e analisar as principais falhas encontradas; demonstrar a otimização no processo de identificação de falhas nas placas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo de caso (pesquisa exploratório) ocorreu em uma Indústria do PIM de eletroeletrônicos que fabricam notebooks, no qual foi aplicado técnicas de conhecimentos de manufatura juntamente com controle de qualidade e engenharia de testes para melhorar o mapeamento no processo produtivo, aplicando ferramentas da qualidade e Normas ANSI/ESD S20.20 que fornecem dados específicos e informações para termos uma visão sistemática do estudo.

O levantamento de dados foi realizado durante quatro semanas, no período entre 05 de julho a 05 de agosto de 2022. Na primeira etapa foi realizado um acompanhamento de falhas de Low Impedance de um modelo X gerando um dashboard diariamente para sabermos o número real de falhas durante uma produção.

Após a coleta de informações serão gerados gráficos que mostram em qual das jigas de testes ocasiona o maior incidente. Identifica se a falha é operacional, e em qual turno é o maior incidente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta etapa serão apresentados os resultados encontrados no processo avaliado e nos procedimentos, assim, as tratativas realizadas e a forma com que as informações foram geradas para a demonstração de cada etapa mostram as aplicações, os métodos, as ferramentas e as metodologias empregadas no desenvolvimento deste estudo.

3.1. PRINCIPAIS IMPACTOS DE FALHAS NO PROCESSO DE TESTES DE PLACAS ELETRÔNICAS SEM O SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ESD

A implementação de jigas de teste é de suma importância para a identificação de problemas em determinadas placas em uma indústria de eletroeletrônica no qual as aplicações destes testes realizam a automatização de produtos.

Para Camargo (2019), o dispositivo utilizado para garantir maior produtividades, além de reduzir o tempo de produtividades e qualidade ao produto, são chamados de Jigas de teste ou sistema de teste automatizados. São aplicados em componentes, módulos ou placas eletrônicas em geral, além disso podem ser testados propriedades mecânicas químicas e físicas, como tensão e resistência, testes ópticos como brilho, dentre outros.

Em um primeiro momento foram coletados dados diários durante 30 dias, conforme a Figura 1, que mostra o levantamento do quantitativo de falhas de um modelo

x gerado pela produção, demonstrando um impacto muito grande no resultado final do processo.

Figura 1: Quantidade de Falhas geradas



Fonte: Autores (2022)

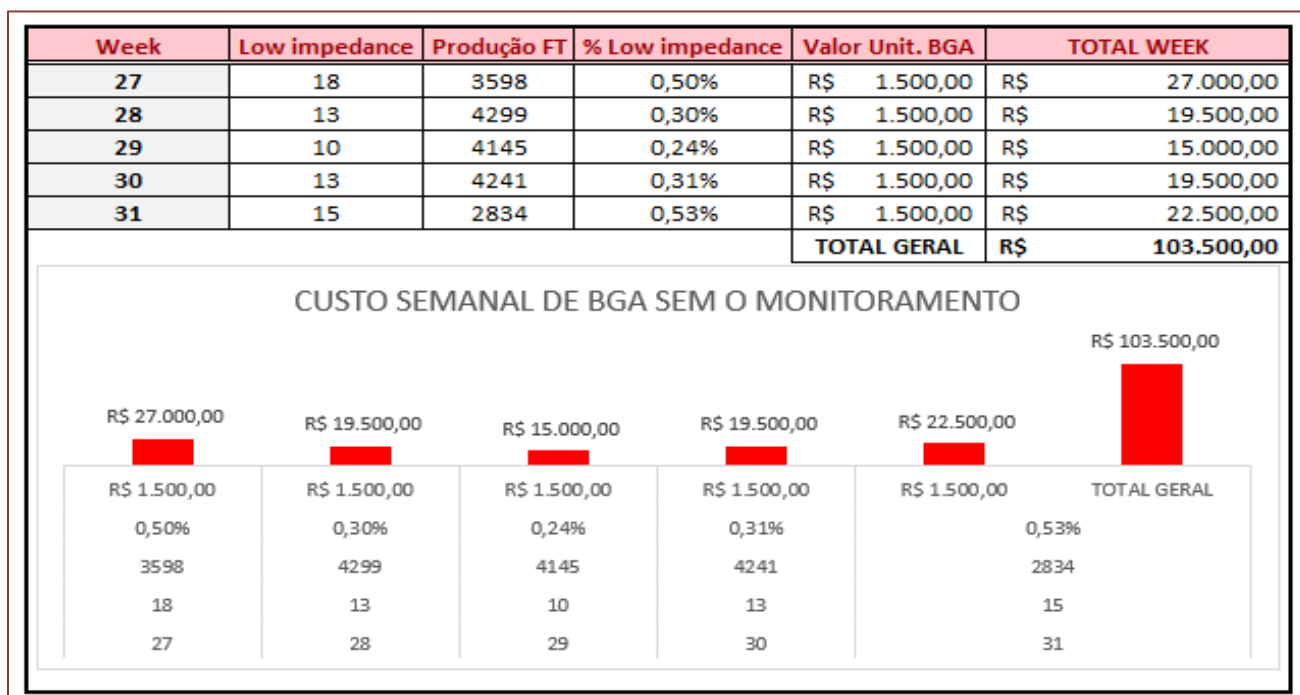
Neste período a fábrica estava em processo de implementação deste modelo de placas no qual se imaginava ser um teste já desenvolvido na planta, porém não se imaginava ser uma placa com bastante problemas de Low impedance, dentro do contexto de processo de produção estava gerando alto custo pela quantidade produzida.

Durante as auditorias internas, o departamento de engenharia era frequentemente notificado com a não conformidade em relação a aterramento de jigas, alguns estavam sem as conexões adequadas e com nosso sistema de mapeamento de falhas já citado acima (dashboard), passou a ser de fácil identificação que a placa com problemas de "NO POWER" foi testada exatamente naquele dispositivo de teste através de número da jiga e matrícula da operadora.

Segundo Verginio (2022), os componentes eletrônicos podem ser danificados durante o transporte de materiais ESD, o que gera maiores gastos aos fabricantes, pois além da perda com o material, tem um impacto financeiro há o risco de vapores capazes de causar incêndios ou explosões, inutilizando o dispositivo completamente. Neste aspecto os cuidados para prevenir a descarga eletrostática são fundamentais em qualquer montadora de placas eletrônicas. Isso ocorre porque os circuitos sensíveis são especialmente vulneráveis mesmo a pequenas descargas, por isso é necessário protegê-los. O cuidado precisa ser minucioso, já que muitas vezes o ser humano não é capaz de sentir o calor emanado pela descarga elétrica, mas as consequências podem ser irreversíveis para a placa.

Durante o processo foi observado a oportunidade de levantamento de aspectos e impactos relacionadas as falhas elétricas com ferramentas e itens de verificação de ESD. Assim como treinamento dos colaboradores para a prática de seguir as normas ESD, nas diversas áreas onde placas e componentes eletrônicos exigem o máximo de cuidado, gerando uma condição muito importante para o mapeamento do processo produtivo associando as Normas ANSI/ESD S20.20.

Gráfico 1: Custo semanal de BGA



Fonte: Autores (2022)

Durante a observação de falhas, um dos principais componentes a ser avaliado foi o BGA (*Ball Grid Array*), visto que o seu valor agregado pode ter um impacto considerável no retorno financeiro para a empresa. Segundo Martins (2021), os terminais de um componente BGA não são acessíveis ao ferro de solda, por isso, outros métodos de soldagem são aplicados, como a utilização de soldagem por infravermelho. Desta forma, os cuidados com o BGA são exigidos devido ao manuseio e forma de soldagem que o mesmo deve ter durante a montagem da placa no processo SMT.

Conforme o Gráfico 1, foram realizados levantamentos entre 05 de julho a 05 de agosto de 2022, no qual a verificação sobre componentes BGA demonstram a quantidade de falhas apresentadas e consecutivamente o custo mensal que a fábrica possui com as falhas de low impedance pra o faturamento da empresa. É importante ressaltar que o impacto sobre o BGA pode oferecer riscos ao sistema como um todo, pois esse componente está diretamente ligado a memória, processadores, além dos principais micros controladores embarcados.

3.2. IMPLEMENTANDO DISPOSITIVO E FERRAMENTAS PARA VERIFICAÇÃO E CONDIÇÕES DE ATERRAMENTO EM TESTES ELÉTRICOS ATRAVÉS DAS NORMAS ANSI/ESD S20.20

Segundo Neto (2018), os instrumentos aplicados para a medição de grandezas elétricas, possuindo uma gama de aplicações na indústria em geral, sendo para a utilização em monitoramento de sistemas ou para a realização de manutenção. No caso, para atender a demanda com eficiência, durante o processo produtivo são realizados a elaboração de testes funcionais, através de jigs aplicados a funcionalidades pré-definidos, entretanto, observou-se que mesmo diante dos testes aplicados, haviam desvios estruturais a serem tratados quanto ao aterramento.

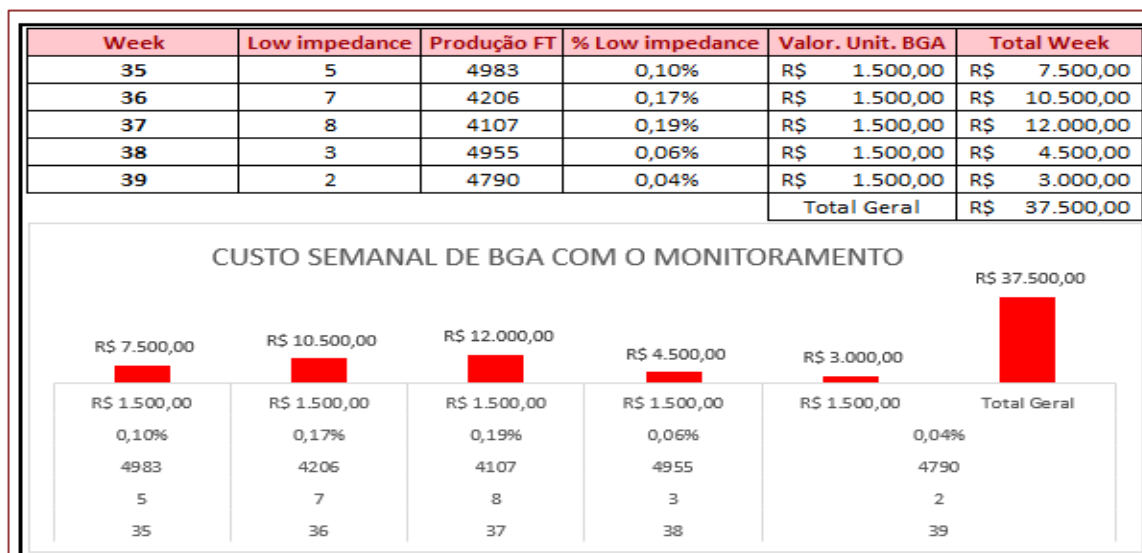
Segundo Alves, Rafael e Xavier (2018), para um melhor controle e asseguarção da baixa impedância, além de prevenir danos às propriedades causadas por correntes destrutivas devido a falha no isolamento ou ligações acidentais improprias, é aplicado o aterramento, considerado sistema que fornece um caminho seguro quanto a exposição ao potencial de risco e trata-se de uma ligação a uma malha de aterramento feito por fio de aterro ou dispositivos específicos e o eletrodo.

Diante disto, foi realizado a instalação de aterramento nas bancadas de testes para assegurar que todos os equipamentos de testes estavam oferecendo a devida proteção aos componentes eletrônicos, inclusive ao BGA.

Entretanto, foi feito um aprimoramento nos jigs de teste no qual, as falhas incidentes por falta de aterramento durante o processo de teste, anteriormente não identificada, passaram a ser acompanhados e controlados diretamente nos principais testes realizados.

Após análise dos principais desvios possíveis, juntamente com engenharia de testes e controle de qualidade, foi desenvolvido um dispositivo sonoro e visual capaz de monitorar e identificar de qualquer parte do chão de fábrica qual giga de teste não se encontra com todas suas conexões de aterramento.

Como a empresa tem uma grande demanda de jigas de testes e sua produção e bastante complexa (mudanças de modelo de acordo com o cliente) se fez bastante útil pela rapidez da identificação, e assim a engenharia de testes consegue atuar diretamente no giga não deixando que a placa seja testada e a manutenção preventiva seja diariamente feita no processo, e tendo uma melhora significativa nos números da empresa Gráfico 2.

Gráfico 2: Redução de custos semanal de BGA

Fonte: Autores (2022)

3.3. DEMONSTRAR A OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS NAS PLACAS

As observações de pequenos detalhes do processo produtivo são de suma importância para se obter resultados, assim como solucionar problemas que possam impactar diretamente nas estratégias da empresa. Nesta etapa do estudo, foi feito um levantamento pós implementação do jig de teste com sinalização sonora e visual, evitando que as placas para testes fossem dispostas em bancadas que apresentassem qualquer tipo de falha no âmbito elétrico (Tabela 1).

Tabela 1: Comparativo de falhas observadas

QUANTIDADE DE FALHAS			
SEMANA	ANTES	DEPOIS	REDUÇÃO (%)
27	18	5	28
28	13	7	54
29	10	8	80
30	13	3	23
31	15	2	13
TOTAL	69	25	36

Fonte: Autores (2022)

Conforme Tabela 1, foi constatado no acumulado que houve uma redução média de 36% das falhas totais de equipamentos danificados devido a falhas operacionais e falta de aterramento, no qual a baixa impedância não afetava ao BGA.

Diante do aprimoramento do jig e treinamento dos colaboradores foi evidenciado a redução de utilização de componentes com defeitos e sem necessidade de retrabalho, o que demonstrou a efetividade da aplicação das melhorias nos testes realizados.

Tabela 2. Dados de redução de custos com perdas de BGA

SEMANA	ANTES (R\$)	DEPOIS (R\$)
27	27.000,00	7.500,00
28	19.000,00	10.500,00
29	15.000,00	12.000,00
30	19.500,00	4.500,00
31	22.500,00	3.000,00
TOTAL	13.500,00	37.500,00

Fonte: Autores (2022)

Quanto ao aspecto financeiro e perdas de materiais, durante o período observado, foi possível constatar, conforme Tabela 2, uma redução significativa em apenas um mês de aproximadamente R\$66.000,00 gerando um *saving* significativo para o processo. Enfatizando que a aplicação da melhoria se deu em apenas um jig de teste, e no caso, se multiplicado para os demais jigs e linhas de testes funcionais da organização, o valor será exponencialmente maior, além da asseguarção da qualidade do produto e redução de falhas operacionais que gerariam gargalos e impactos no processo produtivo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de manter o controle de qualidade de um produto fabricado em uma indústria eletroeletrônica requer uma atenção aprimorada quanto ao treinamento dos colaboradores, procedimentos operacionais e infraestrutura do processo, visto que um destes desvios pode impactar na produção e custos operacionais.

Diante das dificuldades de encontrar soluções para evitar a incidência da descarga eletrostática (ESD), conhecer o processo foi de suma importância para identificar as possibilidades e o aprimoramento dos jigs quanto a antecipação de energia potencial foi crucial para redução de perdas significativas.

Analisando os principais objetivos do estudo, foram alcançados resultados satisfatórios, após identificar os problemas associados a falta de aterramento na estrutura dos jigs, assim como, assegurar que os colaboradores também estivessem seguindo os procedimentos operacionais no que tange a utilização de materiais dissipativos de energia eletrostática.

A avaliação e implementação de novos dispositivos para testes funcionais das placas se faz necessário, à medida que novos componentes eletrônicos vão substituindo os antigos e um desses exemplos é o BGA que com suas peculiaridades, exigem cada vez mais o aprimoramento técnico para identificação de problemas a serem solucionados quando aplicado em equipamentos eletroeletrônicos.

REFERÊNCIAS

- [1] NASCIMENTO, R. Bez. Assinatura elétrica de falhas paramétricas para diagnóstico de defeitos de soldagem de fios em encapsulamento MCP / Rafael Bez Nascimento. – 2019. 77 f. : il. color. ; 30 cm. Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, São Leopoldo, 2019.
- [2] BOMBAZAR, Carolina. Avaliação de estrutura e propriedades de compósitos poliméricos condutores de polipropileno com aditivos carbonáceos, moldados por injeção, para aplicação como

proteção contra descargas eletrostáticas / Carolina Bombazar; Orientadora, Cláudia Merlini, 2020. P.144. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Ciência e engenharia de materiais. Florianópolis, 2020.

[3] LIMA, B.M.P. Ana. Análise e redefinição de processos de Electrostatic Discharge & Technical Cleanliness / Ana Beatriz Miranda Peixoto Lima; Orientador; Prof. Doutor Manuel José Lopes Nunes. 119p. Universidade do Minho - Uminho, 2021.

[4] ANSI/ESD S20.20-2014. Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices). An American National Standard Approved July 31, 2014.

[5] CAMARGO, A. Antonio. Sistemas de teste automáticos para terminal de linha óptica. Universidade do Sul de Santa Catarina – Unisul. TCC- Graduação em Engenharia Elétrica. 80f. Palhoça, 2019.

[6] VERGINIO, E. A. Gleice. Desenvolvimento de embalagens antiestáticas e biodegradáveis de poli(ácido láctico) e nanotubos de carbono/ Gleice Ellen Almeida Verginio. – São José dos Campos, 2022.

[7] MARTINS, A. Anderlei. Estação de Solda Infravermelho de Baixo Custo. Anderlei Alcebíades Martins; orientação de Flávio Alberto Bardemaker Batista. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. 77 p. Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial – Florianópolis, SC, 2021.

[8] NETO, N. S. Hugo. Avaliação e testes de medidores eletroeletrônicos. Monografia de graduação – Universidade Federal de Tocantins – Curso de engenharia elétrica / Orientador: Stefani Carolline Leal de Freitas. 135f. Palmas – Tocantins, 2021.

[9] ALVES, G. S. Erick; RAFAEL, Caio; XAVIER, S. Cenildo. Utilização da técnica para sistemas de aterramento. Monografia de graduação em engenharia elétrica – MG/ Orientador: Cenildo de Souza. 15f. Faculdade Santo Agostinho – Montes Claros - MG, 2018.

Capítulo 21

Melhoria de processo: Uso de sistema automatizado para retrabalho de peças de injeção termoplástica

Weder Vinicius Paiva Ozório

Lívia da Silva de Oliveira

Resumo: A automação possui potencial para substituir o trabalho humano em inúmeras áreas e situações, dada sua versatilidade, facilidade de ajuste, nível de conhecimento necessário, quantidade de conhecimento compartilhado pela sua comunidade e principalmente seu custo. Os sistemas automatizados acabam sendo uma opção para operações repetitivas e de horário programado por conta da sua capacidade de ser tanto um atuador como um monitorador. O atual trabalho teve seu desenvolvimento em uma indústria que atua no segmento de injeção plástica e linha de montagem através do método de pesquisa in loco, que por sua parte apresentou-se satisfatório no fator prático. As implementações com auxílio da automação, em sua grande maioria, acabam viabilizando um acréscimo nos resultados, aumentando o nível de produção e reduzindo os gastos produtivos, aumentando a qualidade de trabalho aos colaboradores e reduzindo os esforços físicos. Constância no processo e qualidade, redução de mão de obra, diminuição no índice de defeitos e atividades executadas de forma veloz e uniforme. Todas as etapas do trabalho permitiram uma compreensão do processo de injeção, manipulações com robô e projetos utilizando diagramas mecânicos e elétricos.

Palavras-chave: Automação; injeção plástica; ponto de injeção.

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da automação no setor industrial é possível observar, consequentemente, um aumento proporcional na utilização de robôs para diminuir o trabalho humano e aumentar a eficiência em atividades repetitivas. Entretanto, este aumento é extremamente criticado devido a diminuição das vagas de emprego que os robôs podem “roubar”, porém para Albuquerque (2019) as estimativas futuras e a redução no crescimento da taxa de empregabilidade devem ser pesquisadas, pois, outras variáveis como crise econômica, desastres naturais e conflitos políticos podem estar influenciando de forma significativa nesse tema.

Formaglioni (2018) afirma que a robótica na área industrial desempenha funções em que tarefas em que a presença humana se torna difícil e arriscada. Através disso, a automação melhorou a produtividade através do aumentando da eficiência do processo, substituiu o trabalho humano em muitos processos repetitivos assim reduzindo os custos de produção aumentando a qualidade de trabalho para os colaboradores, proporcionando mais conforto e segurança. Com o aumento da exigência pelos órgãos regulamentadores se faz necessário, além de minimizar custo e manter a qualidade do produto, desenvolver a segurança e ergonomia dos colaboradores envolvidos no processo (Oliveira, 2021).

O setor abordado no presente artigo é o de injeção plástica, um processo extremamente repetitivo e também perigoso se operado de maneira errônea. Para isso, os robôs são utilizados para fazer a coleta das peças de dentro do molde visando a eficiência, segurança, precisão nos processos e ainda assim não retirando o espaço do operário. Entretanto o processo de injeção plástica depende de muitas variáveis e nem sempre é 100% preciso. De acordo com Neto e Luz (2018) alguns retrabalhos precisam ser feitos manualmente pelo operário e além de ser desgastante a curto prazo também pode acarretar problemas ergonômicos a longo prazo.

Atualmente é bastante comum a criação de produtos manufaturados pelo método injetado, podendo ser encontrados em peças de automóveis, eletrônicos, eletrodomésticos, brinquedos, equipamentos médicos, equipamentos para agricultura, utensílios domésticos, entre outros. Isso se dá pelo seu amplo alcance de atuação que varia de para-choques de automóveis até microcomponentes utilizados em relógio (Medeiros, 2019).

Apesar da principal função dos robôs ser retirar as peças do molde, visando ter uma maior capacidade de atuação, eles também podem fazer o acionamento e monitoração de sinais externos como: válvulas, cilindros, sensores etc. Esses sinais externos são utilizados principalmente para acionar ferramentas acopladas ao robô, porém também podem ser utilizados com a finalidade de corrigir ou melhorar o processo de injeção como: fazendo a limpeza da face do molde no momento da retirada da peça ou até mesmo controlando dispositivos externos que são acoplados na máquina ou molde.

No presente trabalho utilizaremos essas funções externas disponíveis para corrigir rebarbas na peça ocasionada por problema interno no molde que não foi possível solucionar e para eliminar o retrabalho manual será utilizado implementado um dispositivo automatizado para realizar a função.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O atual projeto foi criado após ser verificado que a rebarba estava causando uma dificuldade de encaixe além da tolerância exigida em uma peça de LCD que é acoplada na peça. Foi realizado, ao longo de 1 mês, tentativas de ajustes em parâmetros de injeção e adequações dos moldes, porém sem êxito.

Cercal (2021) afirma que as características do produto final estão diretamente ligadas a um projeto de molde eficiente, significa que algumas características devem ser atendidas de acordo como, o formato e tamanho da peça, a capacidade de tonelagem da máquina injetora responsável pela injeção e quantidade de cavidades. Cada molde precisa de uma máquina que atenda às suas especificações pois uma máquina com tonelagem menor pode não conseguir fechar o molde deixando espaços abertos que causam rebarbas.

O trabalho foi realizado *in loco* numa empresa situada na Avenida Torquato Tapajós que atua no segmento de injeção plástica. Esse tipo de pesquisa consiste, primeiramente, na observação dos fatos, do ambiente, das ações e reações do pesquisado em seu território.

A observação participante participa ativamente o processo em que está sendo analisado utilizando sua visão e audição, analisando e agindo de forma cuidadosa seguindo aos seus entendimentos fatos daquele mundo (Gil, 2021).

Segundo Pereira (2018) as técnicas de teste se definem como: testar é fazer uma prova, envolve sentido de medida (precisão). É realizar uma comparação com base em critério definido.

Tem como requisitos:

- 1) Medir a validação de um conteúdo;
- 2) Qualidade de medir com exatidão;
- 3) Padronizar a aplicação, a análise e a interpretação dos resultados;
- 4) Estabelecer normas para avaliar e interpretar os resultados do teste.

Utilizando as técnicas de testes citadas por Pereira foi realizado análise dimensional dos moldes em que se apresentam a anomalia de forma técnica de acordo com diagrama estrutural dos mesmos. Em seguida projetou-se a ferramenta de corte para serem realizados testes manuais e verificar o nível de desgaste da lâmina e se estava atendendo a tolerância permitida da rebarba. Após essa análise foi construído o projeto final em que o robô executaria o corte de forma automática sem interferir no ciclo da máquina.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do acompanhamento da implementação no processo foi levado em conta os seguintes parâmetros: satisfação do operador, qualidade da peça, desgaste da lâmina e nível de *scrap* gerado na máquina e os defeitos que chegavam na fase final da montagem.

O projeto visa desenvolver um dispositivo capaz de realizar a rebarba em uma peça plástica de forma automática atendendo as especificações de qualidade, normas de segurança, manter um padrão de funcionamento constante, retirar o retrabalho manual

umentando a qualidade de trabalho do operador sem alterar o ciclo do processo de injeção ocasionando a diminuição da produtividade.

3.1. ANALISAR FALHA APRESENTADA NA PEÇA

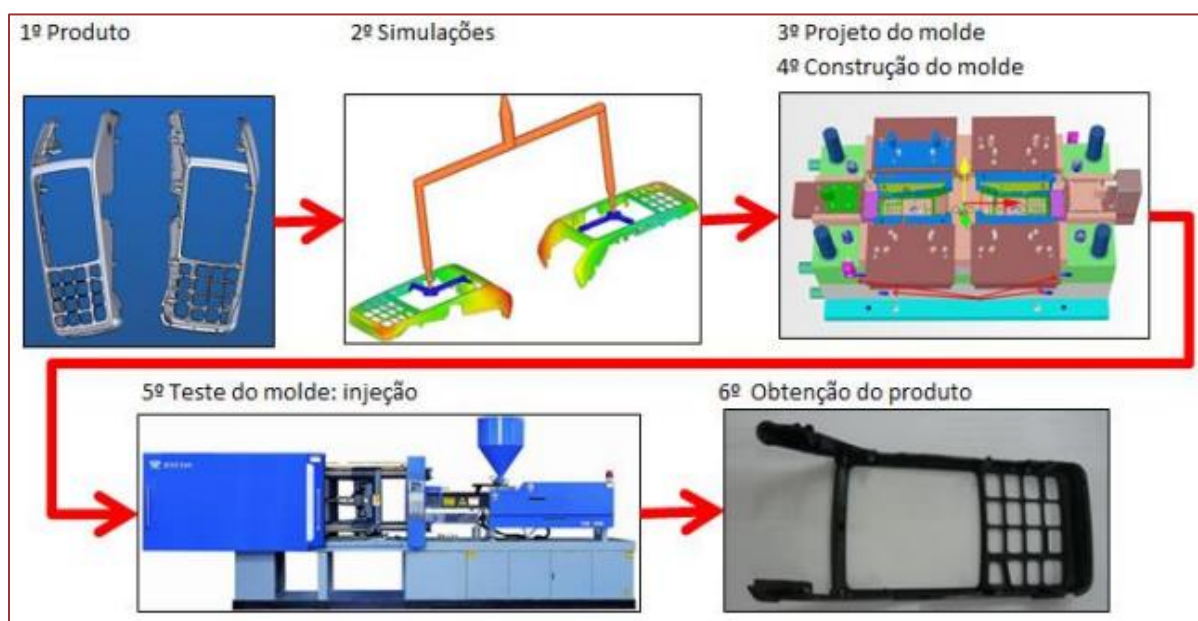
A peça é designada a uma estrutura da parte frontal de uma máquina de cartão de crédito onde nela serão acopladas luzes de led, teclado e uma tela em LCD. Como o projeto do molde é novo, ao retirar as primeiras amostras “boas” da peça, foi testado a montagem final e verificado que um ponto de rebarba alto estava impedindo o encaixe da tela de LCD na peça.

Segundo Rodrigues (2018) se define como um excesso de material visualmente perceptível e que pode levar ao descarte da peça geralmente podendo ser solucionada com aumento da força de fecho, correção física do molde ou mistura de matéria prima adequada.

Como o processo de injeção não é um processo totalmente contínuo e inúmeras variáveis atuam como fator agravante, cada ajuste e modificação precisa ser feito de forma minuciosa e com embasamento técnico, pois qualquer parâmetro ou procedimento incorreto pode acarretar em danos graves ao molde, máquina ou até mesmo as pessoas próximas.

A Figura 1 mostra o nível de complexidade de forma superficial de como a validação de um produto ocorre. Onde cada etapa precisa ser projetada com valores que possuem limites de décimos de milímetros, para reduzir variações e ter o máximo de precisão no momento do ajuste final. Além disso, é preciso a comprovação de que todos os fatores externos estão de acordo e que não estejam influenciando de forma significativa no resultado final da peça, pois uma resina com fora do especificado pode causar dificuldade na fluidez do preenchimento da peça em caso de muito fria ou marca de queima caso esteja com a temperatura acima do normal.

Figura 1 – Processo de criação de um produto de injeção plástica



Fonte: Natal (2021)

Ao longo de um mês as equipes de ferramentaria, manutenção e injeção fizeram adequações em: peças do molde, ajuste no sistema de alimentação de resina, parâmetros de temperatura de estufagem de resina, troca da rosca injetora, mistura de resina e parâmetros de processo, porém nenhum alcançou a eliminação completa da rebarba.

Após os ajustes não obterem sucesso foi decidido que seria preciso criar um dispositivo para que pudesse retirar a rebarba, porém o material precisaria ser cortante para ser capaz de vencer a rigidez da peça pois como a resina é feita de um material antichamas (V0) após o resfriamento da peça ela possui um enrijecimento acima do comum para suportar impactos e quedas.

3.2. IMPLEMENTAR DISPOSITIVO PARA RETIRADA DE REBARBA NAS PEÇAS PLÁSTICA

Inicialmente foi lido o diagrama estrutural do molde para fazer o dimensionamento da base de corte e confeccionar toda a estrutura da base e fazer a adequação dos cilindros, conexões pneumáticas e mangueiras de alimentação de ar comprimido. Vale salientar que toda a implementação do dispositivo não poderia interferir no ciclo padrão da máquina anterior de 30 segundos.

Para Rodrigues (2018) os conhecimentos em moldes são de extrema importância para interpretação de seus projetos, compreender suas ferramentas e suas variáveis.

Também foi preciso delimitar uma área de atuação 30% menor que o limite mecânico do robô para evitar colisões e ter espaço para fazer os devidos ajustes, manutenções, fixação estrutural, ligações elétricas e pneumáticas.

Conforme cita o ponto 12.2.5 da Norma Regulamentadora – NR 12: As ferramentas utilizadas no processo produtivo devem ser organizadas e armazenadas ou dispostas em locais específicos para essa finalidade.

Antes de ser instalado de forma final na área do robô foram realizados testes durante 1 semana com a base sendo operada manualmente pelo operador para serem observados qualidade da peça e desgaste da lâmina de corte. Após os testes manuais realizou-se a identificação e ligação do circuito elétrico utilizando as saídas de acionamento do robô para ser implementada de forma definitiva no ciclo automático.

O dispositivo foi criado de forma que possa ser realocado entre as máquinas e que também possam ser utilizados outros produtos mesmo que toda a estrutura esteja instalada em máquina, sendo preciso fazer alterações apenas em programações do robô. Essa versatilidade faz com que o dispositivo não seja um fator limitante e abre espaços para que outros produtos sejam produzidos na mesma máquina o que aumenta a produtividade e também não cause atraso no momento de executar uma troca de projeto.

3.3. EFICIÊNCIA

Após 2 meses de acompanhamento da melhoria instalada foi possível observar uma melhora no índice de peças que apresentaram defeitos na montagem (Tabela 1), não só por conta da rebarba, mas também por outros defeitos que a peça pode apresentar (rebarba em outras áreas, falha de injeção, contaminação, queima etc.). Isso se dá por conta que, como o retrabalho da rebarba estava precisando ser feita manualmente, o

revisor acabava deixando passar outros defeitos devido a estar realizando um trabalho a mais.

Tabela 1: Índice de peças rejeitadas na sala de montagem

PEÇAS PRODUZIDAS	ANTES DA MELHORIA	APÓS MELHORIA
	PEÇAS REJEITADAS NA MONTAGEM	PEÇAS REJEITADAS NA MONTAGEM
1680	134	34

Fonte: Autores (2022)

Considerando o molde possuindo 2 cavidades e o processo com um ciclo uniforme de 30 segundos, a produção em um período de 7 horas alcança 1680 peças. Anteriormente era possível observar um índice médio de 0,8% de peças com defeito que chegavam na sala de montagem. Atualmente, com a melhoria, esse índice está em uma média de 0,2%, uma redução de aproximadamente 10 peças que são rejeitadas.

Também foi possível observar uma diminuição no índice de *scrap* gerado pela máquina pois, com o corte manual as peças acabavam se acumulando e o operador demorava para ver o defeito que as peças estavam apresentando, ocasionando um atraso no acionamento do técnico de processo para fazer a correção da anomalia.

O robô possui 6 eixos permite a criação de movimentos angulares com precisão e alta velocidade sendo possível adaptar todo o sistema de forma com que o ciclo não fosse afetado e o robô fizesse todos os movimentos necessários e estar pronto para a próxima retirada de peças não alterando o ciclo de 30 segundos.

Visando a questão ergonômica também foi relatado pelos operadores do posto, em que foi instalada a melhoria interligada com o robô, a satisfação pois os movimentos repetitivos feitos com alicates de corte causavam desconforto e dores ao longo da produção no turno.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais as empresas buscam novos caminhos para economizar tempo, reduzir desperdícios e desenvolver processos mais produtivos e eficientes. Com isso automação ganha espaço em processo repetitivos e monótonos com objetivo de diminuir o custo, aumentar produtividade e garantir um processo estável com uma qualidade constante.

Visando garantir a validação de um produto que estava sendo reprovado por conta de uma rebarba e que os ajustes no processo de injeção não estavam sendo bem-sucedido o presente trabalho teve como objetivo a substituição do retrabalho manual atendendo as devidas normas de segurança, os parâmetros de qualidade da peça a constância em um longo período de tempo e a diminuição de carga para o operador do posto.

Foi possível alcançar o objetivo com a análise de toda a equipe técnica, sendo criado um dispositivo que realizasse o retrabalho de forma automática, precisa e veloz, diminuindo as reclamações pelos operadores e também diminuindo consideravelmente o nível de *scrap* gerado no processo e o de material reprovado pela montagem.

Sendo assim iniciado com uma inspeção do problema em questão e criado um plano de ação que pudesse ser executado em etapas, de fácil ajuste e manutenção. Em todas as etapas desenvolvidas foi possível ter uma compreensão de como o conhecimento em leitura de diagramas é de extrema importância para que sejam realizados instrumentos de precisão e que satisfazem de forma eficaz a que se propõem.

O objetivo do trabalho foi alcançado tendo em vista a redução da quantidade de peças com defeito que chegavam na sala de montagem e toda a implementação não influencia em processos que não necessitam da sua utilização, podendo ser deixado em *standby* enquanto a mesma rotina que era utilizada anteriormente pode ser usada sem ser afetada, o que significa que não é preciso montar e desmontar quando o projeto estiver em produção ou não. Dada a sua praticidade ela também pode ser instalada facilmente em outra máquina com outro robô, não ficando restringida em uma máquina e robô específicos aumentando a produtividade e tempo para a produção ser iniciada.

Além disso, o lado ergonômico atingiu diretamente os colaboradores tendo em conta que agora eles não irão mais ter que fazer o retrabalho manualmente, o que lhes dá mais liberdade e concentração para revisar os materiais e organizar seus postos de trabalho, trazendo mais qualidade de trabalho e diminuindo o estresse durante o turno produtivo.

REFERÊNCIAS

- [1] ALBUQUERQUE, P. H.; SAAVEDRA, C. A. P. B; DE MORAIS, R. L; ALVES, P. F; PENG, Y: Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimativa da probabilidade de automação de ocupações no Brasil – Brasília, DF: IPEA, 2019
- [2] CERCAL, F. H: EFICIÊNCIA E PRODUTIVIDADE NOS PROCESSOS PARA INJEÇÃO DE POLÍMEROS – Joinville: SC: UNISOCIESC, 2021
- [3] FORMAGLIONI, G; PELTZ, E; CANSAN, J; RODRIGUES, R. M; VERONA, I; PERUZZI, J. V; PINER, C. M: O papel da robótica e da automação nas indústrias de injeção plástica – Caxias do sul, RS: UCS, 2018
- [4] GIL, M. O: CRITÉRIOS DE IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DE FORNECEDORES EM UMA INDÚSTRIA DE INJEÇÃO PLÁSTICA DE CAXIAS DO SUL/RSCOM BASE NA NORMA ABNT ISO 9001/2015 – Caxias do sul, RS: FACULDADE MURIALDO, 2021
- [5] MEDEIROS, E. M; BRITO, E. P; OLIVEIRA, J. C; PAIVA, M. A. B; SILVA, P. N: Redução no tempo de setup em máquina injetora de injeção plástica – Manaus, AM: IDAAM, 2019
- [6] NETO, R. J. M; LUZ, M. L. S: ANÁLISE ERGONÔMICA: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA PLÁSTICA – Maringá, PR: UEM, 2018
- [7] OLIVEIRA, R. R: ADEQUAÇÃO DE MÁQUINAS INJETORAS HORIZONTAIS ÀS NORMAS REGULAMENTADORAS NR 17 E NR 35: ESTUDO DE CASO – Belém, Pará: UFPA, 2021
- [8] NATAL, L, M: MELHORIA DE PROCESSO: ESTUDO DE CASO NO RETRABALHO DE INJEÇÃO TERMOPLÁSTICO – Varginha, MG: UNIS, 2021
- [9] PEREIRA, A. S: Metodologia da pesquisa científica [recurso eletrônico] – 1. ed. – Santa Maria, RS: UFSM, NTE, 2018
- [10] RODRIGUES, L. D. C: Análise sobre injeção plástica, seus parâmetros e os possíveis defeitos relacionados ao processo – Taubaté, SP: UNITAU, 2018

Capítulo 22

Desenvolvimento de parâmetros essenciais para classificação de geradores

Willison Marcelo Magalhães Meira

Livia Da Silva Oliveira

Resumo: Este trabalho propõe o desenvolvimento de novos parâmetros essenciais para classificação de geradores com o objetivo de melhorar a capacidade de leitura de grupos de forma prática e robusta. O método proposto utiliza análise de sensibilidade conhecido como método de minimização para estimar os parâmetros de sistemas dinâmicos não lineares modelados por sistemas de equações algébricas. Recursos suficientes de entrada e saída permitem que a estimativa de parâmetros do gerador seja separada em estimativas de parâmetros elétricos e mecânicos independentes. O formato desenvolvido é robusto às condições iniciais dos parâmetros, não requer testes especiais e usa apenas perturbações facilmente disponíveis para medir correntes e tensões trifásicas, tensão de excitação e velocidade do rotor coletadas do sistema elétrico sem interrupção do fluxo, sistema gerador elétrico da rede.

Palavras-chave: Novos parâmetros; grupo gerador; sistemas de leitura.

1. INTRODUÇÃO

Ao especificar geradores, a primeira coisa que vem à mente é uma classificação. A classificação da máquina é um conjunto de parâmetros que, simplesmente falando em termos de engenharia, descrevem o gerador. Esses valores indicam a potência disponível do gerador, bem como sua capacidade em termos de restrições elétricas, térmicas e mecânicas (WEG, 2018).

Com bastante prática, uma pessoa qualificada pode frequentemente deduzir mais informações sobre o tamanho do gerador e os aspectos básicos do projeto, podendo identificar questões específicas como a potência ideal para sua implementação, bem como a escolha do melhor ambiente para o mesmo (SET GERADORES, 2020).

A maneira mais comum de descrever um gerador é atribuir-lhe uma classificação. A classificação do gerador é fornecida no ponto máximo de capacidade de saída de potência contínua da máquina. Cada um dos parâmetros é uma quantidade de projetos que descrevem as capacidades ou limitações de um gerador. Em algumas situações, eles também especificam restrições operacionais que, se ultrapassadas, resultarão em estresse excessivo em um ou mais componentes do gerador (mecânico, térmico ou elétrico).

Esses parâmetros e alguns outros não mencionados aqui (isolamento e classe de temperatura do enrolamento do estator e rotor, capacidade de sobre velocidade etc.) são considerados no projeto de todos os principais geradores, e todos estão representados nas normas de projeto para geradores.

Atualmente, estão sendo desenvolvidos geradores de turbina a gás com potências de até 400-500 MVA. Em paralelo a isso, também estão sendo produzidos geradores de turbina a vapor com potências de até 1.700 MVA, embora existam projetos com potências de até 2.000 MVA. Ao implementar um redutor nesses equipamentos, é possível manipular o funcionamento dos mesmos, podendo controlar aspectos referentes a custos e eficiência livremente, a fim de garantir um funcionamento ideal (ABB, 2020).

Este artigo visa o desenvolvimento de parâmetros que serão estabelecidos e descritos nas especificações de projetos e discussões operacionais adequadas para grandes geradores, definindo como os mesmos podem se encaixar nos fornecedores de energia disponíveis na atualidade, estabelecendo testes para definir o grau de classificação desses conceitos desenvolvidos quando comparados com parâmetros já existentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi necessária à coleta de dados para os estudos iniciais. Para isso, foi instalada uma unidade de dados no equipamento, que controla e registra grandezas elétricas em corrente contínua e alternada e a temperatura de operação dos inversores. Os parâmetros do registrador de dados registravam dados em sua memória a cada 10 minutos entre as leituras. Depois de coordenar o sistema de energia solar com o fornecedor de eletricidade local, ele é responsável pela instalação de um medidor de eletricidade de duas vias que pode registrar o consumo e a produção do edifício.

2.1. PROCEDIMENTOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE PARÂMETROS

Com a ajuda das informações citadas, é possível realizar um balanço energético além dos parâmetros existentes e identificar parâmetros que não dão a real situação do

sistema. Assim foi criado um passo a passo para identificar os parâmetros antigos para uma melhor análise do equipamento real e estabelecer métodos de implementação dos novos parâmetros.

Inicialmente, foi realizado um estudo aprofundado sobre os geradores já existentes, buscando identificar os parâmetros que estão sendo utilizados e não apresentam resultados satisfatórios de desempenho, e assim, elaborar uma metodologia prática sobre como é possível evoluir esses itens.

Em seguida, partimos para a parte prática de desenvolvimento desses novos parâmetros, onde implementamos todos os novos benefícios já estabelecidos, a fim de obter resultados significativos quando compararmos seu funcionamento com os itens anteriores.

Após a finalização de seus desenvolvimentos, realizamos testes práticos para confirmar seu funcionamento e eficácia, identificando as principais vantagens desses parâmetros, bem como, suas possíveis desvantagens, para então, identificar imediatamente como é possível melhorá-las.

Por fim, com a confirmação que os novos parâmetros atendem os requisitos esperados, partimos para a etapa de implementação nos geradores, onde substituímos os já existentes pelos itens aprimorados, para obter melhor desempenho geral e maior satisfação dos clientes com essas ferramentas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a finalização do estudo proposto, obtivemos respostas significativas com a realização de testes práticos referentes aos parâmetros de geradores, onde identificamos a presença de itens ineficazes ou passíveis de melhorias, e com a implementação de aprimoramentos, garantimos essa evolução em diferentes aspectos de funcionamento e infraestrutura.

3.1. BENEFÍCIOS AO UTILIZAR GERADORES DE ENERGIA

Ao longo desse estudo verificamos a capacidade de criação de energia por diversos geradores elétricos, identificando que essa variedade, pode trazer diversos benefícios tanto para empresas de diferentes setores, quanto para pessoas que desejam obter seus serviços, levando em conta suas diferenças, onde cada tipo de gerador possui uma capacidade específica para determinado ambiente.

Tabela 1: Tipos de Geradores de Energia

GERADORES	CONVERSÃO	EXEMPLO
Gerador Mecânico	Energia mecânica em elétrica.	Alternadores de Carro
Gerador Químico	Energia química em elétrica.	Pilhas
Gerador Térmico	Energia térmica em elétrica.	Turbinas a Vapor
Gerador Luminoso	Energia luminosa em elétrica.	Placas Solares
Gerador Eólico	Energia do ar (eólica) em elétrica.	Aerogeradores

Fonte: Autores (2022)

Através dos dados apresentados na Tabela 1, é possível observar que as diferentes matérias primas que podem ser convertidas em energia elétrica para a população podem vir de diversos aspectos ambientais. Com isso em mente, é possível trabalhar tanto em aspectos urbanos quanto rurais para obtenção dessas energias, podendo adquiri-las através de recursos naturais como ar ou luz, evitando assim custos desnecessários. Nesse contexto, cabe aos consumidores identificar a melhor opção que possua um custo-benefício bom, para aplicá-los da melhor maneira possível (ELASTOBOR, 2020).

Por outro lado, é possível identificar na Tabela 2 alguns dos benefícios ao manter em seu ambiente pessoal ou empresarial um gerador de energia. Dentre esses fatores pode se observar o conforto ao utilizar-se dessa ferramenta, garantindo assim a segurança de alimentos e funcionamentos de eletrodomésticos em caso de queda de energia. Também é interessante identificar como são econômicos esses produtos, garantindo custos de energia menores, além de manter as pessoas seguras em ambientes que envolvem energia como elevadores. Silveira (2019) reforça essas vantagens ao mencionar a garantia de conforto para as residências devido a energia extra possível de ser utilizada em eventuais blecautes, além de mencionar outros benefícios, como a utilização de equipamentos eletrônicos como portões elétricos automáticos por meio desses geradores.

Tabela 2: Vantagens na utilização de geradores de Energia

VANTAGENS	CARACTERÍSTICAS
Segurança	Segurança em quedas de energia.
Conforto	Alimentos e equipamentos tecnológicos preservados.
Economia	Economia em tarefas com custo alto de energia.

Fonte: Autores (2022)

Embora todos esses fatores benéficos tenham sido demonstrados, ainda assim, é importante citar os aspectos negativos com sua utilização, sendo alguns deles, a produção de fumaça em determinados modelos de geradores, que podem causar problemas respiratórios a algumas pessoas e prejudicar o meio ambiente, barulhos elevados, custo elevado etc. Porém, ainda assim, não restam dúvidas que as vantagens de se obter um gerador são enormes para o mundo dos negócios. Barbosa (2019) reitera como a existência de malefícios em fontes de energia são prejudiciais em seu funcionamento, destacando principalmente aquelas que são afetadas por mudanças climáticas, como a energia solar, bem como, aquelas que podem causar danos ao meio ambiente como a energia mecânica que produz fumaças, ou a eólica que pode causar danos as aves.

3.2. QUALIDADE DE PARÂMETROS DOS GERADORES

Por meio de buscas realizadas ao longo desse estudo, foi identificado que nenhum gerador pode ser considerado totalmente eficiente. Seguindo esse fato apresentado, fomos capazes de concluir que ao se adquirir novos parâmetros de classificação para os geradores, é possível garantir um progresso ainda maior no desempenho deles, o que resulta em benefícios de performance e segurança ainda mais satisfatórios para com os clientes.

Tabela 3: Parâmetros de Geradores comuns

VANTAGENS	CARACTERÍSTICAS
Segurança	Prevenção de transtornos em escuridões e falta de equipamentos.
Usabilidade	Posicionamento em ambientes específicos e com ruídos.
Funcionamento	Transmissão de energia rápida.
Fornecimento	Fornecimento de energia limitado devido a armazenamento curto.

Fonte: Autores (2022)

A Tabela 3 demonstra alguns parâmetros pré-estabelecidos em geradores que foi utilizado para testes com o objetivo de realizar um comparativo com a produção de novos itens nesse sentido. Como pode-se identificar nos tópicos citados, embora alguns deles sejam itens interessantes para garantir determinada comodidade para empresas e pessoas, ainda possuem margem para evoluções, e baseado nisso, podemos aprimorar esses itens, traçando um comparativo com a criação de novos parâmetros, assim, aprimorando ainda mais esses fatores.

Tabela 4: Novos parâmetros para Geradores

VANTAGENS	CARACTERÍSTICAS
Segurança Aprimorada	Segurança aprimorada, garantindo também a prevenção de curtos ou sobrecargas em eletrônicos.
Adaptação	Capacidade adaptativa melhorada para diferentes aspectos como ambientes, barulhos etc.
Agilidade	Velocidade de transmissão de energia aprimorada.
Aprimoramento	Capacidade de armazenamento e transmissão de energia aprimoradas com seu desenvolvimento.

Fonte: Autores (2022)

Por meio da Tabela 4, pode-se observar a demonstração de alguns parâmetros novos estabelecidos, que demonstram a capacidade de progressão ao implementar novos parâmetros essenciais para super geradores. Ao realizarmos um comparativo entre os novos parâmetros apresentados com os presentes na Tabela 3, pode-se identificar resultados que geram progressão em aspectos de infraestrutura, aprimorando velocidade de funcionamento e segurança contra problemas mais graves, além de principalmente, garantir um fornecimento aprimorado de energia elétrica.

Ao implementarmos um parâmetro superior de segurança aprimorada, constatamos uma evolução na segurança geral dos eletrodomésticos no ambiente, assim, prevenindo curtos e sobrecargas que possam causar acidentes, além das já estabelecidas vantagens. Também observamos a evolução adaptativa dessa ferramenta, aprimorando sua capacidade de posicionamento em ambientes diversos, como em climas quentes ou frios, além de produzir ruídos menores, que não incomodem aqueles ao redor. A respeito do armazenamento e transmissão de energia, os parâmetros de agilidade e aprimoramento implementados seguem a ideia mencionada no portal Tecnerg (2021),

que buscam melhorar esses conceitos para atuar principalmente em locais distantes, evitando assim, instabilidades nesse processo.

Tabela 5: Comparativo Parâmetros Novos x Antigos

PARÂMETROS	% SATISFAÇÃO PAR. ANTIGO	% SATISFAÇÃO PAR. NOVO	CRESCIMENTO
Segurança x Segurança Aprimorada	70%	90%	20%
Usabilidade x Adaptação	20%	95%	75%
Funcionamento x Agilidade	80%	90%	10%
Fornecimento x Aprimoramento	70%	85%	15%

Fonte: Autores (2022)

Após o desenvolvimento desses parâmetros, juntamente com seus testes e o estudo comparativo inicial, realizou-se uma pesquisa final entre os itens mencionados como é possível observar na Tabela 5, buscando identificar principalmente o grau de satisfação dos consumidores sobre os parâmetros antigos e novos, e identificando sua margem de crescimento. Como podemos observar, todos os itens novos trouxeram benefícios expressivos para os clientes, sendo os principais que valem a menção a segurança, com aumento de 20% de satisfação, o que ocorre devido ao aprimoramento na proteção dos produtos daqueles que utilizam geradores, juntamente com o maior crescimento no parâmetro de adaptação, com um grande aumento de 75% de satisfação, devido a melhoria na redução de ruídos, que incomodavam os consumidores, bem como, a evolução na transmissão de energia para longas distâncias. Gongora (2021), Alves et al. (2020) e Almeida et al. (2018) reforçam a importância desses parâmetros, destacando como a existência de danos em equipamentos devido a altas tensões de energia podem trazer prejuízos referentes a custos para empresas e pessoas, além de mencionarem os benefícios em transmissões de energias longas e contínuas, mantendo a disponibilidade desses equipamentos sempre presente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a finalização de todas as pesquisas sobre os conteúdos apresentados nesse estudo, bem como, a obtenção de resultados significativos para ele, observamos que o desenvolvimento de parâmetros específicos para geradores de energia, é uma ótima maneira de aumentar a performance e segurança desses equipamentos, garantindo maior satisfação tanto para as empresas, quanto para as pessoas que desejam utilizá-lo de maneira pessoal.

Por meio de geradores de energia, é possível obter vantagens interessantes em âmbitos empresariais e profissionais, sendo que, por meio dessas ferramentas, é possível garantir o funcionamento de determinadas empresas que necessitam de auxílio de energia em caso de problemas, garantindo assim, a satisfação de clientes e preservação de itens específicos, além da possibilidade de utilização do mesmo de maneira econômica.

Outro ponto a se destacar, refere-se aos benefícios adquiridos para uso pessoal desse equipamento, onde, por meio dele, é possível obter vantagens de comodidade muito agradáveis, tendo em vista que vivemos na era da tecnologia, garantindo o funcionamento de itens eletrônicos para maior conforto, bem como, a preservação de iluminação e outros eletrodomésticos essenciais.

Por fim, tratando a principal proposta desse estudo, ao desenvolvermos novos parâmetros essenciais para geradores, pode-se identificar que, essa implementação fornece muitos benefícios no funcionamento deles, garantindo uma melhoria expressiva em aspectos de segurança e agilidade, o que resulta em benefícios diversos para empresas e pessoas em geral, além de proporcionar maior interesse em terceiros que desejam obter esses recursos.

REFERÊNCIAS

- [1] ABB: Geradores para turbinas a vapor e a gás. Brasil, 2020. Disponível em: <https://library.e.abb.com/public/622318edbdbb4231bf560dc0a46f1b3d/9AKK105455-Generators%20for%20steam%20and%20gas%20turbines-2020-v2_pt_revfinal.pdf>. Acesso: 11/11/2022.
- [2] ALMEIDA, G.; JOTA, P.: Estudo da Elevação de Tensão em Redes de Distribuição de Energia Elétrica com Alta Concentração de Geradores. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS. 2018.
- [3] ALVES, A.; MOTTA, Y.; ZANCANELLA, A.: Geradores elétricos monofásicos e trifásicos como suporte didático para o ensino de Eletromagnetismo. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 37, n. 2, p. 879-908, 2020.
- [4] BARBOSA, E.: Entenda a classificação das fontes renováveis e não renováveis. In: Educa+Brasil. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/geografia/fontes-de-energia>>. Acesso: 09/11/2022.
- [5] ELASTOBOR: Tipos de geradores – Conheça os Principais Tipos no mercado. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://blog.elastobor.com.br/tipos-de-geradores-conheca-os-principais-tipos-no-mercado/>>. Acesso: 10/10/2022.
- [6] GONGORA, B.: Desempenho e emissões de motor gerador utilizando biodiesel de cártamo. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR. 2021.
- [7] SET GERADORES: Instalação de grupos geradores: Como é feito o procedimento. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://www.setgeradores.com.br/blog/dicas/instalacao-de-grupos-geradores-como-e-feito-o-procedimento/>>. Acesso: 14/10/2022.
- [8] SILVEIRA, G.: Saiba os 5 tipos de geradores de energia e como usar na sua casa. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.construindominhacasaclean.com/2019/10/saiba-os-5-tipos-de-geradores-de.html>>. Acesso: 20/11/2022.
- [9] TECNERG: Como funciona um gerador de energia? Brasil, 2021. Disponível em: <<https://tecnerg.com.br/geradores/como-funciona-um-gerador-de-energia-descubra/>>. Acesso: 23/11/2022.
- [10] WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A.: CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DE GERADORES. Brasil, 2018. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h68/h68/WEG-curso-dt5-caracter-sticas-e-especifica-o-de-geradores-artigo-tecnico-portugues.pdf>>. Acesso: 23/11/2022.

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

@editorapoisson



<https://www.facebook.com/editorapoisson>

