

EDIÇÃO 4 | VOL 1 | SETEMBRO 2018

E-TECH

FACULDADE DE TECNOLOGIA
SENAI LONDRINA

BUSCA NOVOS CAMINHOS?

Quer decidir por uma carreira de sucesso?

JUNTE-SE A NÓS EM 2019!



ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS

Sua chance de se transformar é agora!

CORPO EDITORIAL

V4-2018 EDITOR CHEFE PROF. MS.C. MARCO
AURÉLIO ARBEX

COMITÊ EXECUTIVO

CAMILA FOGAÇA DE OLIVEIRA
MARCELO ANTÔNIO STRIK
RODOLFO ALEXANDRE HILDEBRANDT
VICENTE DE LIMA GONGORA

EDITORA: FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI
LONDRINA
ISSN: 2358-5528

DIREITOS RESERVADOS
FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI
LONDRINA
RUA BELÉM, 844 - LONDRINA PR.
43 -3294-5100 -
FACULDADE.LONDRINA@PR.SENAI.BR

NENHUMA PARTE DESTA PUBLICAÇÃO
PODERÁ SER REPRODUZIDA SEM A
AUTORIZAÇÃO PRÉVIA E POR ESCRITO DA
EDITORA FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI
LONDRINA. ESTE PERIÓDICO PUBLICA NOMES
INDIVIDUAIS, COMERCIAIS, MARCAS
REGISTRADAS E PRODUTOS PERTENCENTES A
DIVERSAS COMPANHIAS. O EDITOR UTILIZA-
SE DESTES NOMES SOMENTE PARA FINS
EDITORIAIS E EM BENEFÍCIO DOS
PROPRIETÁRIOS DOS RESPECTIVOS NOMES E
MARCAS, SEM INTENÇÃO DE ATINGIR SEUS
DIREITOS.

OBSERVA-SE AINDA QUE OS DADOS
CONTIDOS NOS ARTIGOS SÃO DE
RESPONSABILIDADE DOS PRÓPRIOS AUTORES.

**E-TEC REVISTA DE
TECNOLOGIA E CIÊNCIA**

SUMÁRIO REVISTA E-TEC

- **Capítulo I -**
EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA:
ESTUDO DE CASO
NA AUTOMAÇÃO DE
TORRES DE
RESFRIAMENTO EM
UMA INDÚSTRIA DE
EMBALAGENS
PLÁSTICAS

PÁGINAS 6 A 33

- **Capítulo II -**
ANÁLISE DE FALHAS
NA MANUTENÇÃO
DE REDUTORES EM
UMA INDÚSTRIA
TEXTIL

PÁGINAS 34 A 58

- **Capítulo III -**
PROJETO DE UMA
BANCADA DIDÁTICA
DE UM REDUTOR
COM
MONITORAMENTO
DE ROTAÇÕES

PÁGINAS 59 A 72

- **Capítulo IV -**
PROPOSTA DE UM
PROJETO DE UMA
BANCADA DIDÁTICA
UTILIZANDO A
AUTOMAÇÃO PARA
ANÁLISE DO PH DA
ÁGUA, CORREÇÃO
DA ACIDEZ, POR
CONTROLE DE
PROCESSO EM
BATELADA

PÁGINAS 73 A 91

- A Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina agradece o apoio fundamental de toda a equipe do SENAI Londrina, para a realização e conclusão desta obra.
- **Foto:** Laboratório de Metal Mecânica do SENAI - Ano 1964.



Prefácio

Revista E-Tec

Política de Acesso Livre

Comitê Executivo

A Revista E-TEC SENAI Londrina é um periódico técnico-científico desde 2014; e, tornou-se trimestral a partir de 2017. Têm como objetivo principal, fomentar a iniciação científica e a pesquisa nas áreas de: inovação, educação profissional e tecnológica. Oferecendo livre acesso ao seu conteúdo segue o princípio de disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico gerado pela Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina; democratizando desta forma, o conhecimento para a comunidade externa. Sua publicação é eletrônica e recebe artigos inéditos (teóricos ou teórico-empíricos) e técnico, proveniente de todo o Brasil e do exterior; aceitando publicações em Português, Espanhol e Inglês. Publica também, entrevistas com pesquisadores, profissionais das áreas afins, egressos dos cursos de graduação e de pós graduação, além das personalidades que contribuem de forma relevante com as linhas de pesquisa e com o perfil profissional dos egressos da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.

Os entrevistados de cada edição são indicados pelo editor chefe ou pelo conselho editorial.

Os artigos, podem ser submetidos à revista de forma ininterrupta e são avaliados inicialmente pelo comitê executivo, que realiza o enquadramento nas linhas de pesquisa da revista; na sequência os avaliadores cadastrados executam a avaliação técnica dos mesmos.

Os critérios para a composição do corpo editorial do periódico estão relacionados com a experiência profissional docente e as atividades de aprendizagem e de inovação que a Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina implementa conforme o seu plano de desenvolvimento institucional PDI.

INTRODUÇÃO

Esta publicação tem caráter multidisciplinar e foi escrita com a intenção de ser utilizada pelos alunos de graduação e pós-graduação das áreas exatas e de gestão. Os diversos autores divulgam conceitos e experimentos aplicados na moderna indústria. Muitas vezes os procedimentos mostrados são resultados de trabalhos experimentais ou aplicados, efetivamente, solucionando as demandas industriais. O objetivo fundamental, a ser alcançado neste periódico, é aumentar a visibilidade da comunidade acadêmica; visando, estimular sua capacidade para resolver questões semelhantes no dia a dia dos profissionais da área; e, que podem aparecer durante o desenvolvimento de trabalhos de iniciação científica ou científicos, no decorrer dos cursos; bem como, nos desafios demandados pelo mundo do trabalho.

O texto foi organizado e dividido em capítulos apresentando-se em cada um deles um resumo, que revela ao leitor as características fundamentais e o foco de cada trabalho desenvolvido. Desta forma, o leitor atencioso, verifica e avalia o seu grau de interesse e pode dar continuidade no entendimento da obra escrita, apreciando e observando os detalhes dos tópicos apresentados.

Salientamos ainda que a estrutura de cada artigo é o modelo padrão adotado por este periódico e o leitor quando motivado, pode submeter o seu trabalho para avaliação do corpo executivo através do e-mail "faculdade.londrina@sistemafiep.org.br".

CAPÍTULO I - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ESTUDO DE CASO NA AUTOMAÇÃO DE TORRES DE RESFRIAMENTO EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS

Denis Ricardo Selli¹

Wesley Candido da Silva²

RESUMO

Este estudo aborda a eficiência energética em torres de resfriamento de água localizado em uma empresa do ramo plástico no Paraná, onde utiliza-se a água como fluido de trabalho. O objetivo é fazer a automação nos ventiladores dessas torres de forma que possa ser feito o controle de velocidade das mesmas de acordo com a temperatura pré-estabelecida para resfriamento. A metodologia utilizada é o estudo de caso com a implementação na empresa citada, como resultado observou-se a diminuição do consumo mensurável de energia elétrica na torre, e conseqüentemente o aumento da vida útil não mensurável da torre de resfriamento.

Palavras-chave: Automação. Eficiência energética. Torres de resfriamento.

ENERGY EFFICIENCY: CASE STUDY IN THE AUTOMATION OF COOLING TOWERS IN A PLASTIC PACKAGING INDUSTRY

ABSTRACT

This study aims the energy efficiency in water cooling towers located in a Plastic Packaging company in Paraná, this company uses water as working fluid. The goal is to automate the fans of these towers so that speed control can be made according to the pre-set cooling temperature. The methodology used is the case study with the implementation in the mentioned company, in a way that results in a reduction in the consumption of electric energy in the towers, and consequently the increase in the useful life of the cooling tower.

Key-words: Automation. Energy efficiency. Cooling towers.

1 INTRODUÇÃO

¹ Graduando Tecnólogo em Manutenção industrial, da Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. E-mail: denis.selli@hotmail.com

² Especialista Engenharia de Automação Industrial, da Faculdade de Tecnologia do Senai Santa Catarina. E-mail: wesley.candido@sistemafiep.org.br

Atualmente a automação faz parte da tecnologia em uma indústria, tendo como base melhorias na produção, agilidade nos processos produtivos, competitividade além da confiabilidade dos produtos produzidos, entre outros fatores influenciam de forma positiva este processo.

Ao longo dos anos novas tecnologias aparecem e as indústrias devem estar atualizadas para que sempre possam ter melhorias em seus processos produtivos, com a junção da manutenção fazendo com que estas tecnologias possam ser aplicadas. Para isso exista, todo um investimento, tempo e mão de obra, que poderá ser elevado dependendo do equipamento que será automatizado.

Para Silveira e Santos (2007), com uma tecnologia mais avançada à necessidade de controles mais sofisticados na automação, tendo como base os controladores lógicos programáveis (CLP), que vieram para substituir controles mecânicos e que tinham um gasto em energia elétrica mais elevada e ocupavam mais espaço nos painéis entre outros. Com essa tecnologia a automação passa a ser controlada de forma que em processos variados informação da planta crie variáveis, para que sejam criadas ações proporcionais a tal variável, assim diminuindo o erro aumentando a confiabilidade e etc.

Em muitos processos produtivos, principalmente nas indústrias, utiliza-se de equipamentos que fazem o resfriamento da água, denominadas torres de resfriamento, na maioria dos casos usando a água como fluido de resfriamento.

A água faz a troca de calor com o processo de produção e logo após deve retornar a torre, pois será resfriada por um ventilador localizado na extremidade da torre para que daí possa seguir para um próximo passo, esta água irá para um equipamento que deixara ela em torno de 0°C a 5°C chamado de chiller, após isso retornara ao processo fazendo um ciclo contínuo.

Tendo como foco para este estudo a eficiência energética e a sustentabilidade visto que as indústrias são as que mais consomem energia elétrica em um país e necessitam de projetos para a diminuição do consumo de energia elétrica e água, propõe-se uma automação no sistema de resfriamento de uma torre localizada no Paraná, na unidade de uma indústria do ramo plástico em Londrina visto que o cenário atual mostra a importância na economia de energia elétrica e de nossas fontes hídricas.

O problema encontrado nessas torres e o fato de que os motores que fazem o resfriamento da água do processo trabalham de forma nominal, muitas vezes sem necessidade, acarretando no aumento no consumo de energia elétrica e uma maior evaporação da água. A proposta e que esses motores trabalhem de forma automatizada e

module sua velocidade de acordo com a temperatura da água e tendo um set point pré-estabelecido, visto que dias com menor incidência de calor este ventilador poderá trabalhar em uma rotação menor podendo até desligar automaticamente.

Com a automação neste equipamento poderá ter uma grande diminuição no consumo de energia elétrica e diminuição no consumo de água visto que este equipamento se utiliza de força motora para o resfriamento da água.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Eficiência energética

Para Santos et al (2001) considerando que a energia elétrica está a todo momento em nossas vidas vemos a necessidade de investir em novas tecnologias e fontes alternativas, para podermos diminuir esse alto consumo que ao passar dos anos cresce gradativamente.

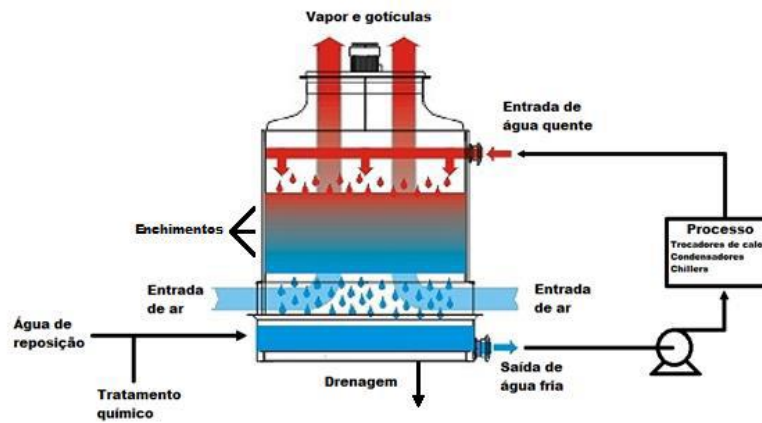
Para Santos et al (2001) a eficiência de um motor de indução é muito importante, pois motores em indústrias são os que mais consomem energia elétrica, tendo como base a eficiência dos motores procura-se aperfeiçoar processos indústrias para a diminuição no consumo de energia elétrica.

A indústria principalmente, a maior consumidora de energia elétrica de um país deve tomar medidas para observar fatores que levem ao desperdício de energia, e buscar modos para resolver esses desperdícios. Na maioria das vezes os próprios funcionários podem observar equipamentos e máquinas que poderiam diminuir o consumo de energia fazendo coisas simples em seus sistemas.

2.2 Torres de resfriamento

A torre de resfriamento funciona de forma que recebe um fluido, que no caso é a água, que entra na torre com uma temperatura elevada, e ao passar pelo processo de resfriamento na torre sai com a temperatura especificada, dando assim entender que é conceituada a torre como a diferença da temperatura de entrada pela temperatura de saída, conforme mostrado na figura 1.

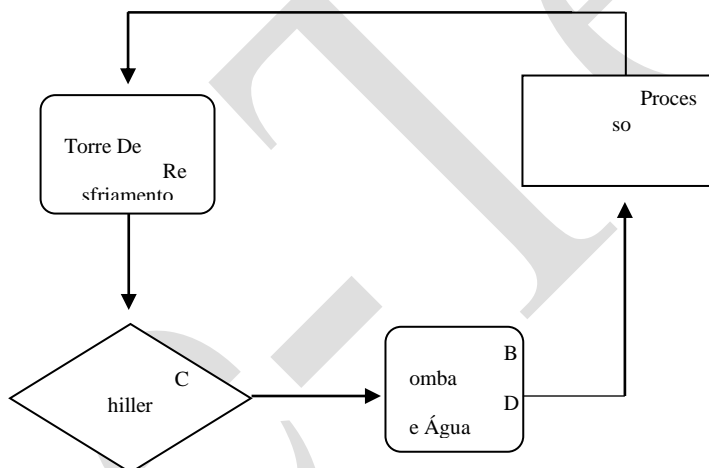
Figura 1 - Funcionamento de uma torre de resfriamento por tiragem mecânica



Fonte: Proficool (2017)

Neste estudo iremos abordar este tipo de torre, utilizada para resfriamento de água do processo de fabricação de uma empresa do ramo plástico onde utiliza a torre para a troca de calor da água com o processo produtivo conforme a figura 2.

Figura 2 – Tratamento de fluidos



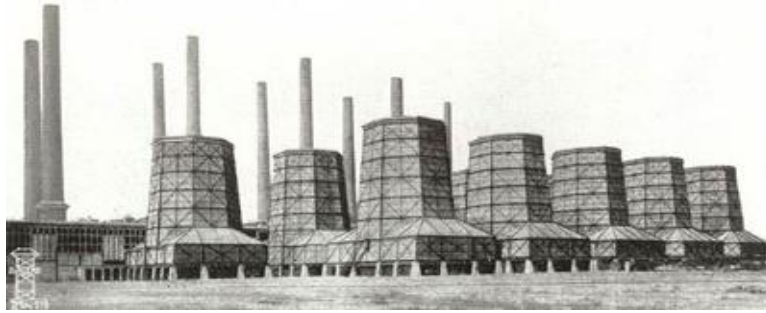
Fonte: Adaptado de Gasi (2017)

2.2.1 Histórico das torres de resfriamento

Para Balcke (1894) a primeira torre de resfriamento foi criada no ano de 1894 pelo engenheiro Hans Joachim Balcke com 12 metros de altura era uma inovação naquela época, dez anos depois já havia vendido 1.400 torres de resfriamento ao redor do mundo (apud SAMPAIO, 2013, p.14).

Para Balcke (1920) com o avanço da construção civil, Balcke construiu a maior torre de resfriamento de tiragem natural com capacidade de resfriar 43 mil m³ de água por hora, conforme mostrado na figura 3 (apud SAMPAIO, 2013, p.15).

Figura 3 – Primeiras torres de alta capacidade de resfriamento em 1920



Fonte: Vettortorres (2017)

Para Balcke (1930) São construídas as primeiras torres de resfriamento por tiragem mecânica induzida nos EUA (apud SAMPAIO, 2013, p.15)

Para Marley (1943) Atualmente Marley SPX Cooling Technologies projeta e entrega sete torres de resfriamento de água para o projeto denominado Manhattan para a construção da primeira bomba atômica após segunda guerra mundial para o novo México, naquela época torres de resfriamento por tiragem natural era substituída por torres de tiragem mecânica, conforme mostrado na figura 4 (apud SAMPAIO, 2013, p.15).

Figura 4 – Torres por tiragem mecânica



Fonte: Flickr (2017)

Para Munters (1955) começa a desenvolver as primeiras torres com enchimento interno de papelão, e logo a seguir de PVC Policloreto de vinil, logo no mesmo ano com o avanço da tecnologia são introduzidas às primeiras torres por tiragem forçada nos EUA (apud SAMPAIO, 2013, p.15).

Para (Alpina 1986) São construídas as primeiras torres de resfriamento no Brasil pela empresa Alpina, com a capacidade de resfriar 33m³/3 horas, a partir de 2007 é criada a maior torre de resfriamento no Brasil conforme figura 5 (apud SAMPAIO, 2013, p.15).

Figura 5 – Torre de resfriamento



Fonte: Vettortorres (2017)

As torres começaram a serem maiores e mais eficientes conforme a figura 6, esta torre tem a junção de ser seco-úmida com ventilação induzida e forçada dando assim um maior resfriamento no seu fluido de trabalho.

2.2.2 Principais tipos

Os principais tipos de torres de resfriamento existentes podem ser classificados como;

- Torre com tiragem natural denominada (hiperbólicas)
- Torre com tiragem mecânica (induzida ou forçada)

2.2.3 Torres com tiragem natural

Para Sampaio (2013) as torres de resfriamento por tiragem natural são consideradas torres de grande porte, podendo chegar a 200 metros de altura e 100 metros de diâmetro, para sua eficiência ser alcançada dependem de lugares com um amplo espaço e com alta incidência de vento, pois diferentemente da torre por tiragem mecânica não utilizam de ventiladores para seu resfriamento, conforme a figura 6.

Figura 6 - Torre com tiragem natural denominada (hiperbólicas)



Fonte: Enacademic (2017)

Para Sampaio (2013) as torres de resfriamento por tiragem natural são consideradas torres de grande porte, podendo chegar a 200 metros de altura e 100 metros de diâmetro, para sua eficiência ser alcançada dependem de lugares com um amplo espaço e com alta incidência de vento, pois diferentemente da torre por tiragem mecânica não utilizam de ventiladores para seu resfriamento.

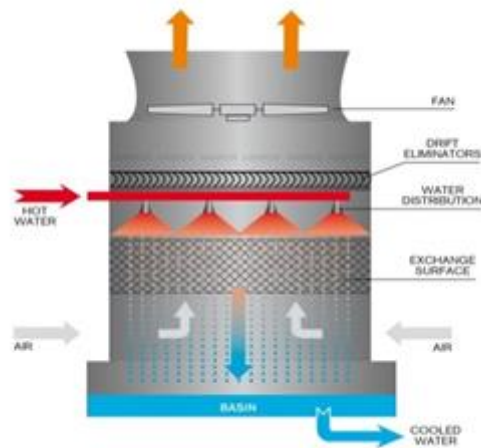
Estas torres trabalham de forma que recebem a brisa do vento por aletas encontradas na sua base, assim encontrando o fluido em seu interior tendo relação direta com essa brisa fazendo a troca de calor. Principais características:

- Resfriamento de grandes volumes de água.
- Baixo custo de energia elétrica.
- Pouca manutenção.
- Baixa eficiência no resfriamento.

2.2.4 Torres com tiragem mecânica (induzida e forçada)

Segundo Hamon (2017) São dois tipos de torres que usam ventiladores para o resfriamento do fluido interno da torre, denominas torres por tiragem mecânica induzida e forçada, para o melhor entendimento confira a Figura 7.

Figura 7 – Funcionamento da torre de resfriamento por tiragem mecânica induzida



Fonte: Hamon (2017)

Para Sampaio (2013) Com seu funcionamento bem simples consiste em receber o ar em suas aletas localizado na base, trocar calor no enchimento com a água que cai em pequenas gotas, chegando ao topo da torre e sendo jogada para fora fazendo com que a água quente evaporada da troca de calor saia e seja jogada para fora, utilizando o ventilador no topo conforme a figura 8.

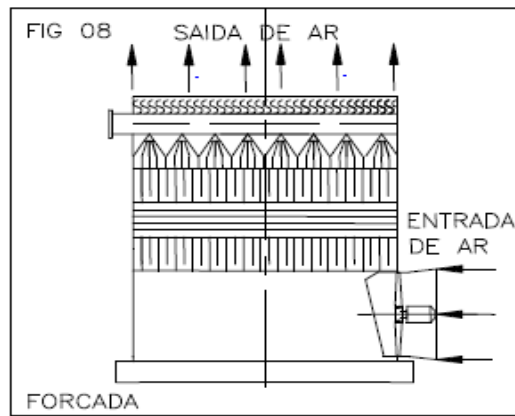
Figura 8- Torre de resfriamento por tiragem mecânica induzida



Fonte: Do autor (2018)

Para Sampaio (2013) As torres por tiragem mecânica induzida e forçada são as mais utilizadas nos dias de hoje em indústrias por ser pequenas mais ser eficientes e não necessita de grande incidência de vento comparado a torre por tiragem natural conforme figura 9.

Figura 9 – Funcionamento da torre de resfriamento por tiragem mecânica forçada



Fonte: Torres de resfriamento (2017)

Para Sampaio (2013) Com o mesmo propósito da torre de resfriamento por tiragem mecânica induzida, esta torre utiliza um ou mais ventiladores em sua base de forma que o ar entre com mais velocidade na parte interna da torre.

Figura 10 – Torre de resfriamento por tiragem forçada



Fonte: Spxcolling (2017)

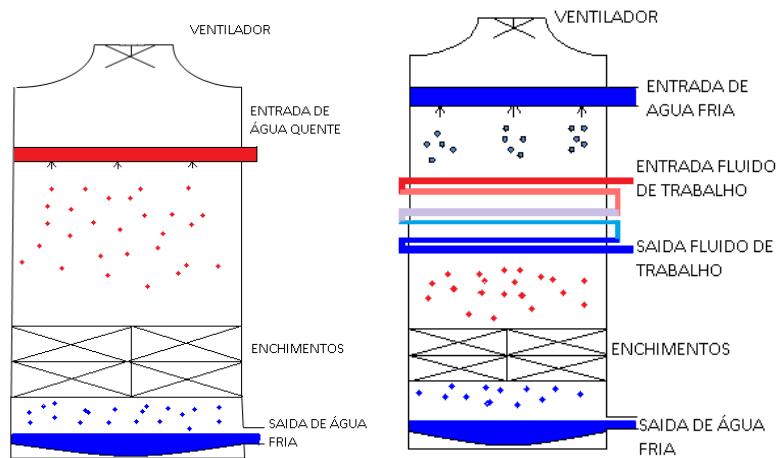
Para Sampaio (2013) Algumas torres utilizam mais de um ventilador, pois processos específicos que recebem o fluido com uma temperatura alta demandam mais ventilação para obter uma maior eficiência no resfriamento. Principais características:

- Grande eficiência no resfriamento.
- Não tem a necessidade de um grande fluxo de ar.
- Alto custo de energia elétrica.
- Custo inicial menor.

2.2.5 Torres de circuito aberto e fechado

As torres de circuito aberto e fechado são conhecidas como torres de resfriamento secas e úmidas.

Figura 11 - Torres de resfriamento de circuito fechado e aberto



Fonte: Adaptado de Sampaio (2013)

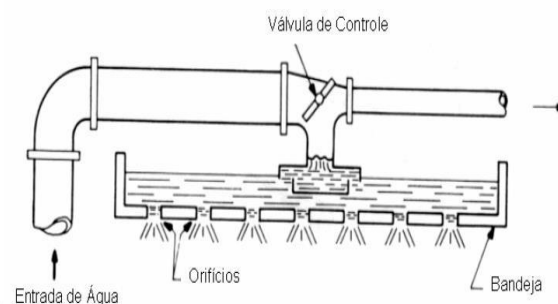
De acordo com a figura 11 vemos que as duas torres têm o mesmo propósito de resfriamento, a diferença de uma da outra e a forma de resfriamento, torres de circuito aberto utilizam seu fluido de trabalho em contato diretamente com o ar, diferentemente das torres do circuito fechado que o fluido de trabalho passa por uma serpentina que recebe um banho de água fria fazendo com que o fluido no seu interior saia com uma menor temperatura.

2.2.6 Formas de distribuição de água

Os sistemas de distribuição de água podem ser definidos em dois modelos:

- Distribuição por gravidade.
- Distribuição por pressão.

Figura 12 – Distribuição de água por gravidade

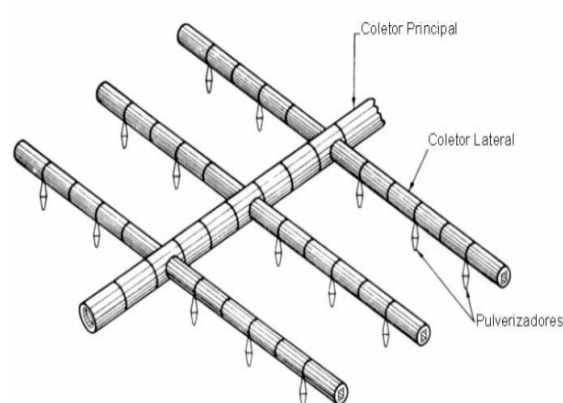


Fonte: Fabioferrazdr (2017a)

Sistemas de distribuição por gravidade são mais empregados aonde não se tem uma rede de bombeamento eficiente, por funcionar apenas com a força da gravidade.

São de fácil manutenção, mais em contrapartida são de baixa eficiência de fluxo de água por não ter uma maior dispersão da água.

Figura 13 – Distribuição de água por pressão



Fonte: Fabioferrazdr (2017b)

Necessitam de uma alta eficiência das bombas para levar a água para seus pulverizadores.

São de difícil manutenção, pois ao longo do tempo seus pulverizadores podem entupir e obstruir a passagem da água.

2.2.7 Enchimentos

Para Sampaio (2013) os enchimentos em torres de resfriamento são muito utilizados, apesar de terem ainda torres que não a utilizam, os enchimentos têm como finalidade distribuir água de forma uniforme, fazendo com que a troca de calor da água com o ar seja mais eficiente.

Os enchimentos podem ser divididos em dois tipos principais;

- De gotejamento ou respingo (splash fill) figura 14.
- De película ou laminar (film fill) figura 15.

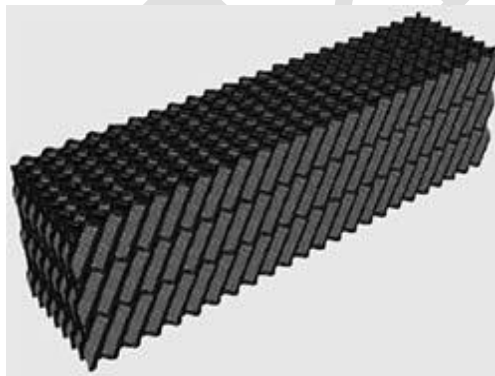
Figura 14 – Enchimento splash fill



Fonte: Vettor (2017)

Para Sampaio (2013) a função do enchimento splash fill é fazer com que se criem respingos ou gotejamentos, de forma que quanto menor os respingos forem maiores vai ser a troca de calor com o ar seco feito pelo ventilador.

Figura 15 – Enchimento film fill

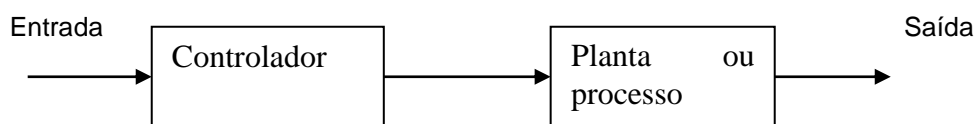


Fonte: Termoparts (2017)

Para Sampaio (2013) este tipo de enchimento é utilizado quando se quer obter um enchimento mais uniforme, o volume de resfriamento é maior comparado ao enchimento splash fill, porém demanda um volume de água constante para não ter descontinuidade em seu escoamento.

Para Franchi (2011) no controle de malha aberta, o controle não depende da saída, são criadas ações pré-determinadas, que ao final do processo deste sistema não se sabe se obteve êxito por não ter uma realimentação, diferentemente do controle em malha fechada que obtêm essa realimentação, conforme mostrado na figura 16.

Figura 16 – Configuração de controle em malha aberta



Fonte: Franchi (2011)

Este tipo de controle, é utilizado em sistemas que não requer um controle específico, por não ter um feedback o resultado final não é comparado com o controlador assim não obtendo respostas se aquela ação teve um resultado esperado.

2.3 Partida Eletrônica de Motores de Indução.

Para Peres (2011) a partida eletrônica tanto a soft-starter como utilizando inversor de frequência serve para dar uma partida e uma parada suave aos motores de indução, e dar possibilidades de controles mais robustos para várias aplicações.

2.3.1 Motores de Indução Trifásicos

Segundo Peres (2011) é um equipamento alimentado em tensão alternada, transforma energia elétrica em torque mecânico na ponta do eixo, pode ser tanto de rotor bobinado quanto rotor gaiola de esquilo muito utilizado nas indústrias conforme mostrado nas figuras 17 e 18.

Figura 17 – Motor trifásico rotor gaiola de esquilo



Fonte: Grupoferron (2018)

Motores trifásicos com rotor gaiola de esquilo tem uma maior utilização na indústria por ser de fácil aplicação, manutenção e custo.

Figura 18 – Motor trifásico com rotor bobinado



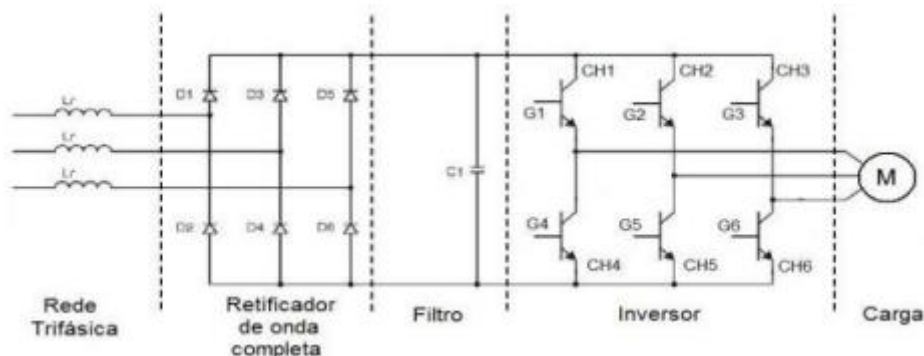
Fonte: Edibon (2018)

Motores trifásicos com rotor bobinado, ao contrário do motor com rotor gaiola de esquilo tem uma menor aplicação, custo de aquisição e manutenção altos.

2.3.2 Inversor de frequência

É um equipamento capaz gerar tensão trifásica e frequência ajustáveis. Opera transformada a tensão alternada, em contínua para após transformá-la em tensão de frequência e amplitude ajustáveis.

Figura 19 – Diagrama da chave de partida de um inversor de frequência



Fonte: Mascheroni (2018)

Os inversores de frequência são muito utilizados na indústria para diversos controles, porem esse equipamento possui um alto custo.

2.4 Automação e controle na indústria

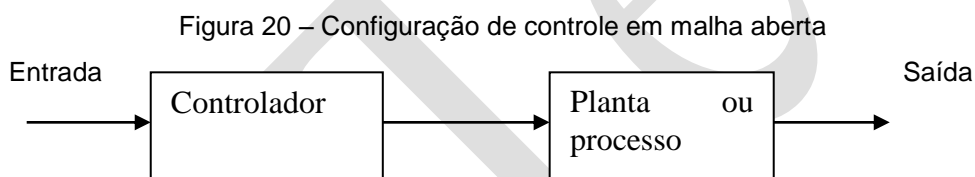
Para Silveira e Santos (2007) o conceito de automação é a junção de técnicas utilizadas em sistemas ativos que são capazes de atuar com o uso de informações

recebidas deste próprio sistema, utilizando um feedback para que sejam criadas ações de acordo com a referência da saída naquele exato momento, este tipo de conceito é chamado de malha fechada.

Para Heinen (2002) pode se definir um sistema de controle, como uma mudança de um determinado estado para outro, para chegar ao determinado estado dependera de variáveis do ambiente que será feito o controle, logo podemos justificar o controle como a interação entre o ambiente e sistema a ser controlado, podendo utilizar-se de equipamentos para coletar dados e criar ações pré-determinadas.

2.4.1 Malha aberta

Para Franchi (2011) no controle de malha aberta, o controle não depende da saída, são criadas ações pré-determinadas, que ao final do processo deste sistema não se sabe se obteve êxito por não ter uma realimentação, diferentemente do controle em malha fechada que obtêm essa realimentação, conforme mostrado na figura 20.



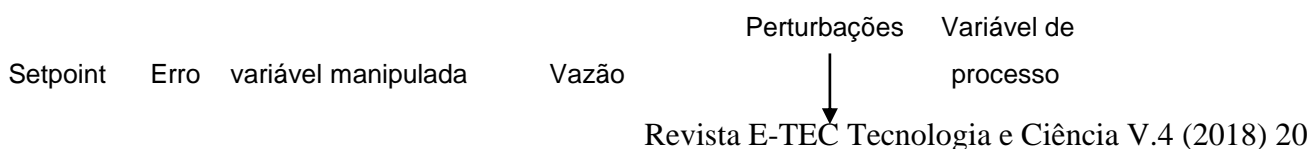
Fonte: Franchi (2011)

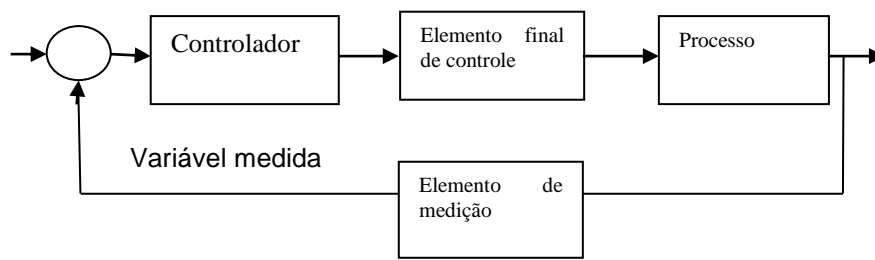
Este tipo de controle, é utilizado em sistemas que não requer um controle específico, por não ter um feedback o resultado final não é comparado com o controlador assim não obtendo respostas se aquela ação teve um resultado esperado.

2.4.2 Malha fechada

Para Franchi (2011) é o controle mais utilizado, também chamado de controle (feedback), pois ele colhe informação da variável do processo, e de acordo com o valor de set-point pré-estabelecido ele cria um erro e envia a um controlador a onde é feita uma ação de correção, como ilustrado na figura 21.

Figura 21 – Diagrama de blocos que representa a malha de controle fechada



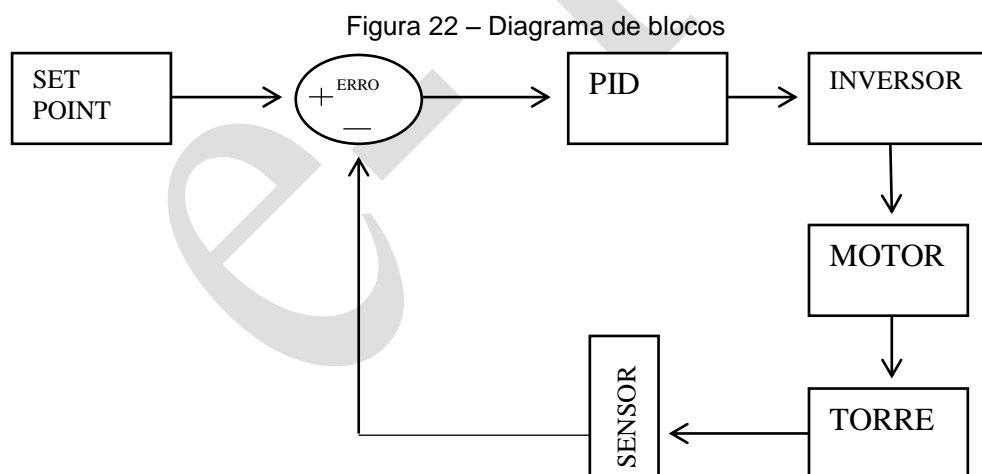


Fonte: Franchi (2011)

Neste estudo propõe-se utilizar este modelo de controle para obter um máximo controle no sistema, obtendo um feedback para que o processo trabalhe de forma que possa criar ações naquele determinado tempo.

3 METODOLOGIA

O propósito deste estudo de caso é a automação de um sistema com o controle de velocidade de um motor, que refrigera a água de uma torre de resfriamento conforme diagrama de blocos da figura 22, a torre de resfriamento está localizada em uma empresa do ramo plástico em Londrina (PR). Pretende-se diminuir o consumo de energia elétrica da torre de resfriamento.



Fonte: Do autor (2018)

Por meio de incentivos da empresa citada, o projeto foi aceito e foram requisitados os equipamentos para a automação, e posteriormente feito à instalação dos mesmos utilizando as metodologias ao longo do curso e carreira conforme figura 23.

Figura 23 – Processo de montagem do painel



Fonte: Do autor (2018)

O processo de montagem do painel que faz controle do motor demorou aproximadamente dois meses, a figura 24 demonstra o painel devidamente montado

Figura 24 – Painel finalizado




Fonte: Do autor (2018)

3.1 Equipamentos que foram utilizados para a automação

Motor de alto rendimento, conforme quadro 1.


Quadro 1 – Motor Weg

| | |
|---|--------------------------------|
|  | Motor Weg W22 |
| | Tensão: 220/380 v |
| | Frequência: 60HZ |
| | RPM: 1800 |
| | Eficiência: IR3 Premium |
| | Potência: 15cv |

Fonte: Weg (2013a)

Este motor será instalado na parte superior da torre de resfriamento. A instalação do inversor conforme o quadro 2 possibilitará o controle da rotação do motor do ventilador da torre.

Quadro 2 – Inversor de frequência

| | |
|---|--------------------------|
|  | Inversor CFW-08 |
| | Tensão: 380/480 v |
| | Frequência: 60HZ |
| | Potência: 11KW |

Fonte: Weg (2013b)

Será instalado um painel de controle principal do motor da torre, e no seu interior será instalado este inversor. Para fazer o controle de temperatura foi escolhido o controlador ilustrado no quadro 3.

Quadro 3 – Controlador de temperatura

| | |
|---|---|
|  | Controlador Novus N1100 |
| | Tensão: 100 a 240 vca |
| | Entradas: J, K, T, N, R, S, B, E, Pt100, 4-20 mA, 0- 50 mV |
| | Saídas: Relé SPST 3 A / 250 Vca, ou saída 4- 20mA |


Fonte: Novus (2017)

Este controlador possibilitará receber sinal do sensor pt100 localizado na torre a assim fazer o controle enviando sinal ao inversor utilizando a sua saída de 4-20mA.

Para definição dos valores de PI “proporcional e integral” foi utilizado o auto-tuning do controlador conforme manual do mesmo.

Com fácil aplicação em locais que demandam robustez o sensor TR10-H como mostra o quadro 4, pode ser instalado em locais com grande incidência de radiação solar e umidade sem ser danificado.

Quadro 4 - Sensor de temperatura

| | |
|---|---|
|  | Sensor TR10-H |
| | Faixa de aplicação: -200°C a 600°C |
| | Tipo de sensor: PT100 |
| | Proteção: IP65 |

Fonte: Wika (2017)

O sensor de temperatura será instalado dentro do tanque de resfriamento.

Fazendo a interface entre o controlador de temperatura e o sensor de temperatura será instalado o transmissor a seguir.

3.2 Equipamentos que farão a medição de energia

Para fazer a medição da corrente, tensão do motor, rendimento etc. E posteriormente gerar gráficos de potência consumida será utilizado o equipamento conforme quadro 6.

Quadro 6 – Analisador de energia



Fonte: Do autor (2018)

O analisador será diretamente conectado as fases do motor, utilizando transformadores de corrente 3000/5A.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

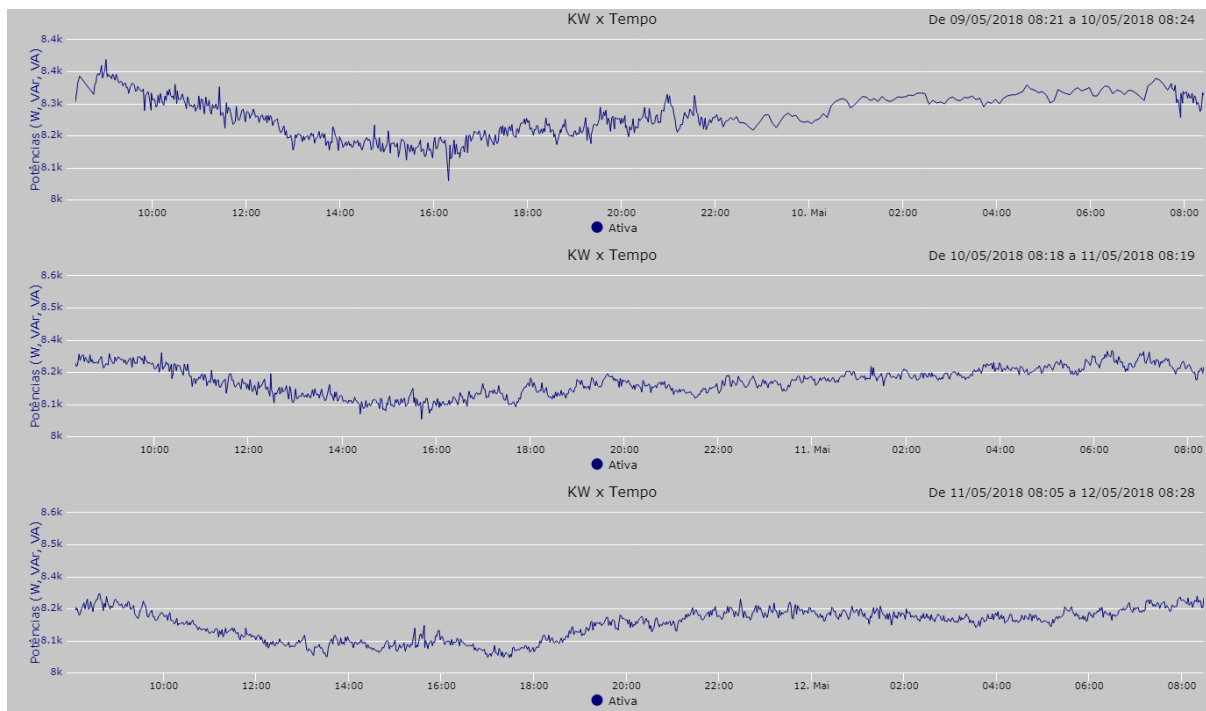
O presente trabalho tem o propósito de fazer a automação em uma torre de resfriamento na empresa anteriormente citada em funcionamento, tendo como resultado a diminuição do consumo de energia elétrica na torre.

Com base nos estudos aqui apresentados deve-se por meio de uma análise de dados coletados por um equipamento de análises elétricas, fazer um comparativo do sistema de resfriamento antes e depois de sua automação, diretamente com gráficos exportados do equipamento de medição demonstrando potências ativa, reativa e aparente em função do tempo de funcionamento.

4.1 Antes da automação

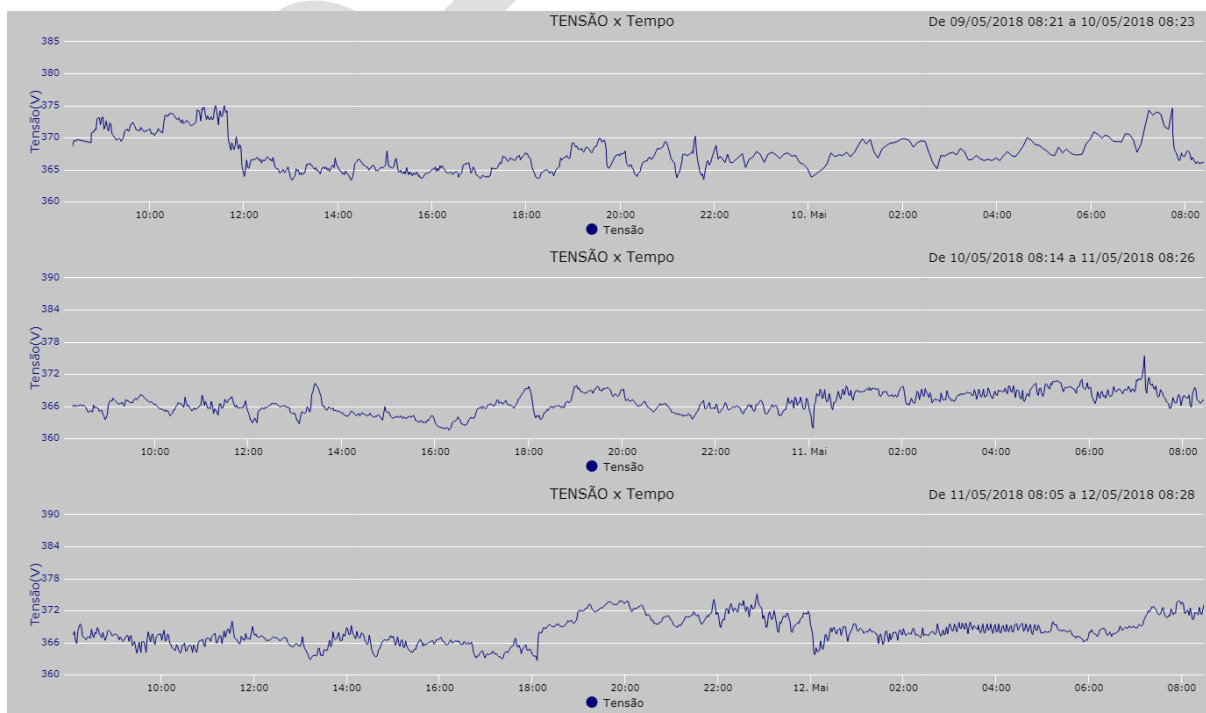
Foram coletados gráficos do analisador de energia dos dias 09/05/2018 “quarta-feira” ao dia 12/05/2018 “sábado”, assim demonstrando o funcionamento do motor muitas das vezes sem a necessidade.

Figura 25 – Kw x tempo



Fonte: Do autor (2018)

Figura 26 – Tensão x tempo

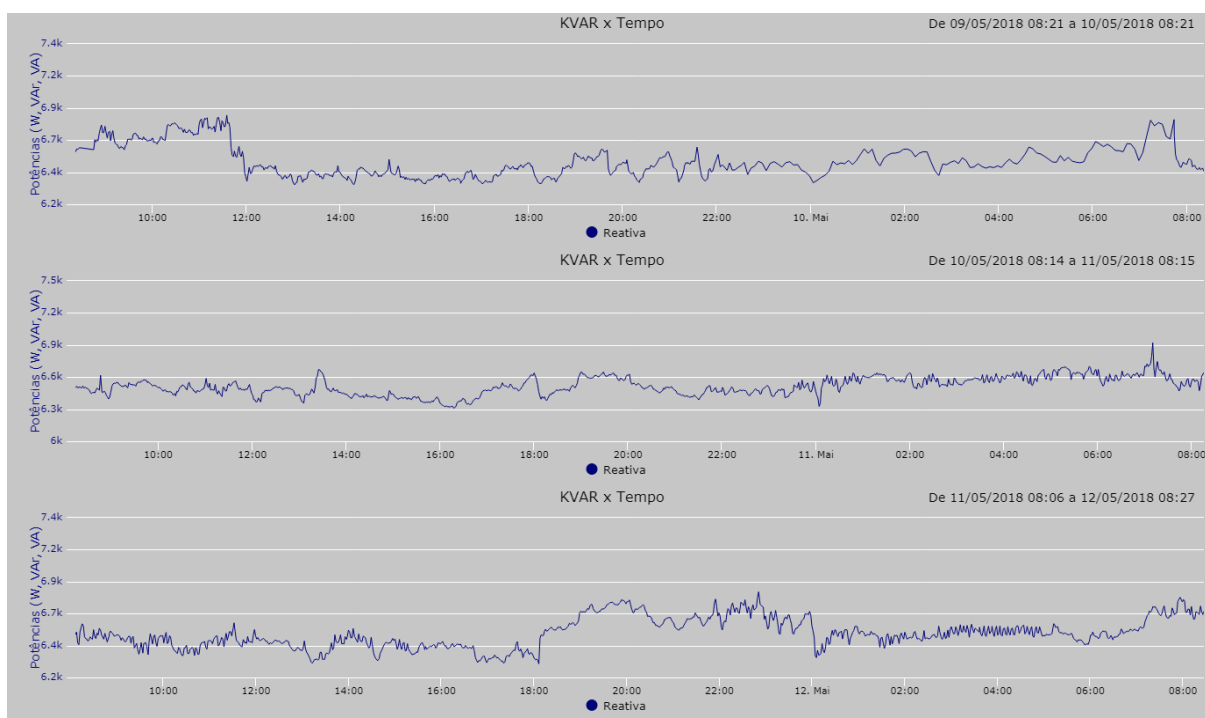


Fonte: Do autor (2018)

De acordo com a figura 24 verificou-se que a potência ativa consumida variou entre 8000w a 8400w.

Os gráficos são atualizados por minuto pelo próprio equipamento, de acordo com a figura 25, 26 e 27 notasse que no dia 09/05 as 22:00PM a 08:00AM do dia 10/05 o gráfico apresentou uma diferença, vista que a atualização ficou de 5 em 5 minutos, a princípio o computador que estava enviando as informações do analisador para a rede hibernou e ocasionou esta diferença.

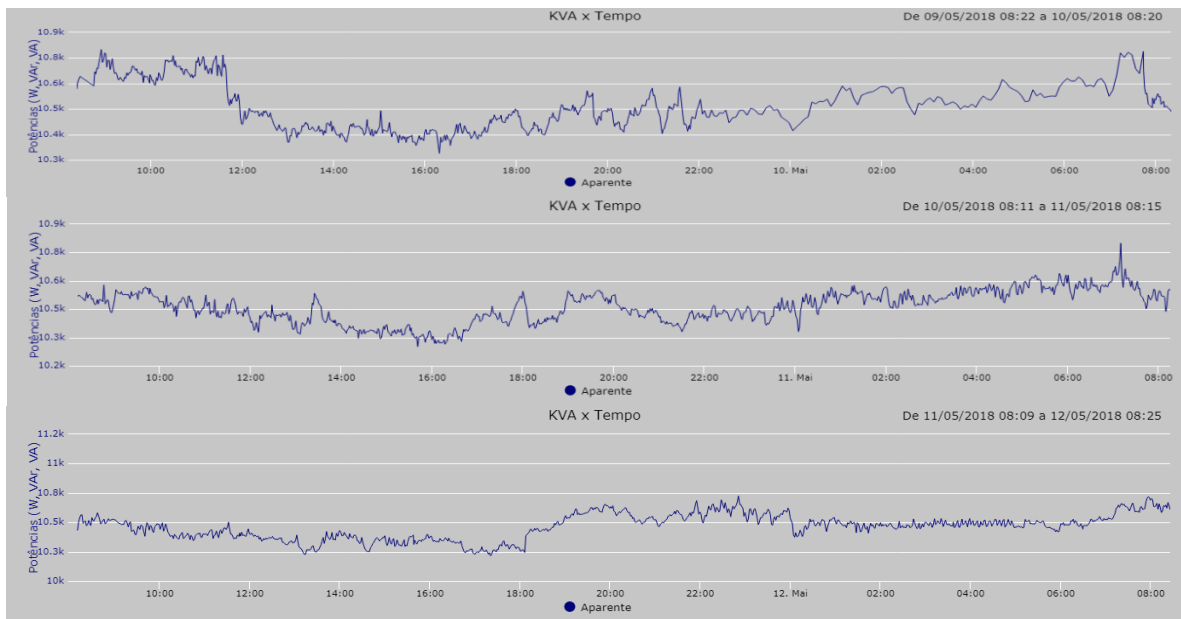
Figura 27 – KVAR x tempo



Fonte: Do autor (2018)

De acordo com a figura 27 verificou-se que a potência reativa consumida variou entre 6200var a 6900var.

Figura 28 – Kva x tempo



Fonte: Do autor (2018)

Quadro 7 – Consumo antes da automação

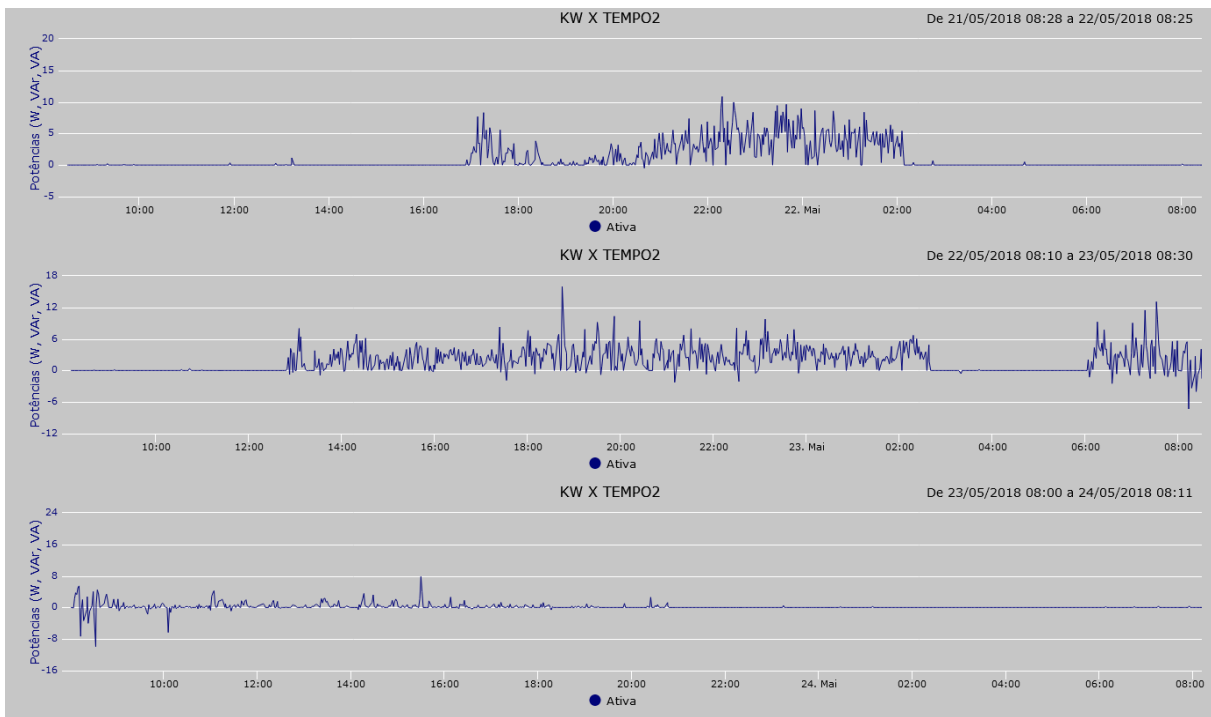
| Potência ativa consumida (w/h) | Funcionamento da torre (dias) | W/h consumido |
|---|--|----------------------|
| 8300 w/h | 1 dia | 199,200 w/h |
| 199,200 w/h | 3 dia | 597,600 w/h |

Fonte: Do autor (2018)

4.2 Depois da automação

Foram coletados gráficos do analisador de energia dos dias 21/05/2018 “segunda-feira” ao dia 24/05/2018 “quinta-feira”, e demonstra nenhuma utilização do motor nestas datas, por motivo de não chegar à temperatura do valor de set-point, pois os dias que foram feitas as análises o ambiente estava com temperatura máxima de 23°C o motor não entrou em funcionamento.

Figura 29 – Kw x tempo

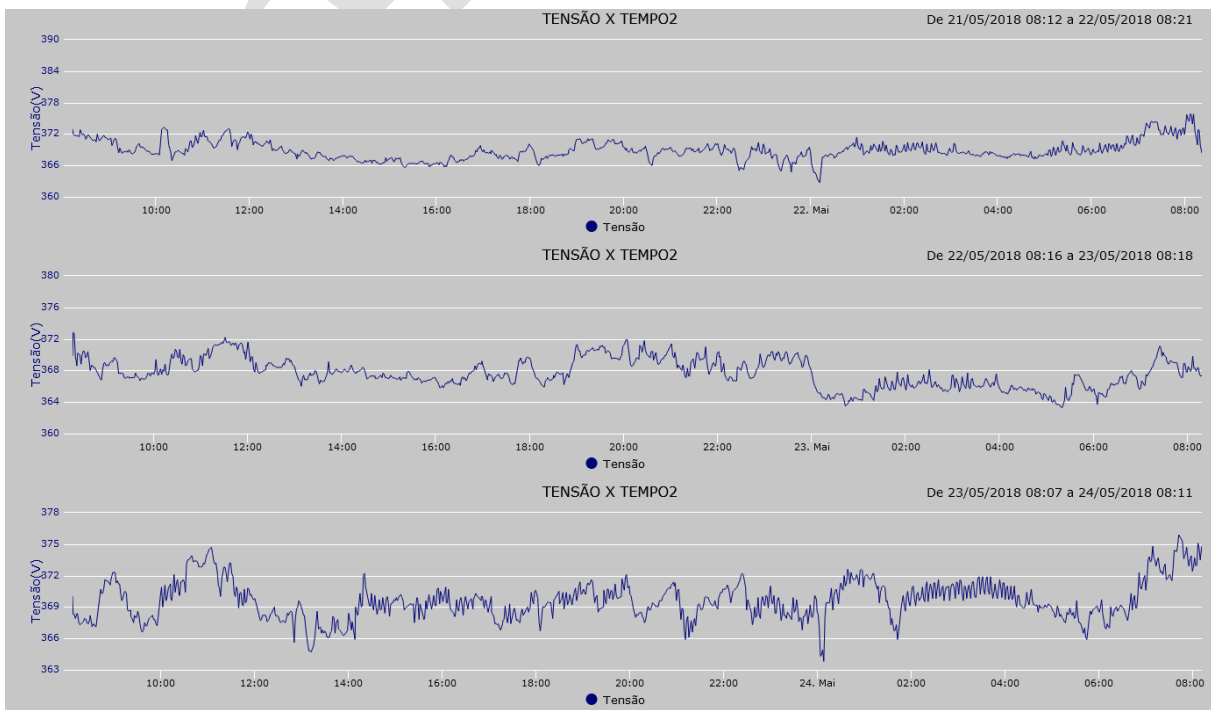


Fonte: Do autor (2018)

De acordo com a figura 28 verificou-se que a potência ativa consumida foi usada apenas para manter os componentes eletrônicos do inversor ligados variando de 0W a 12W.

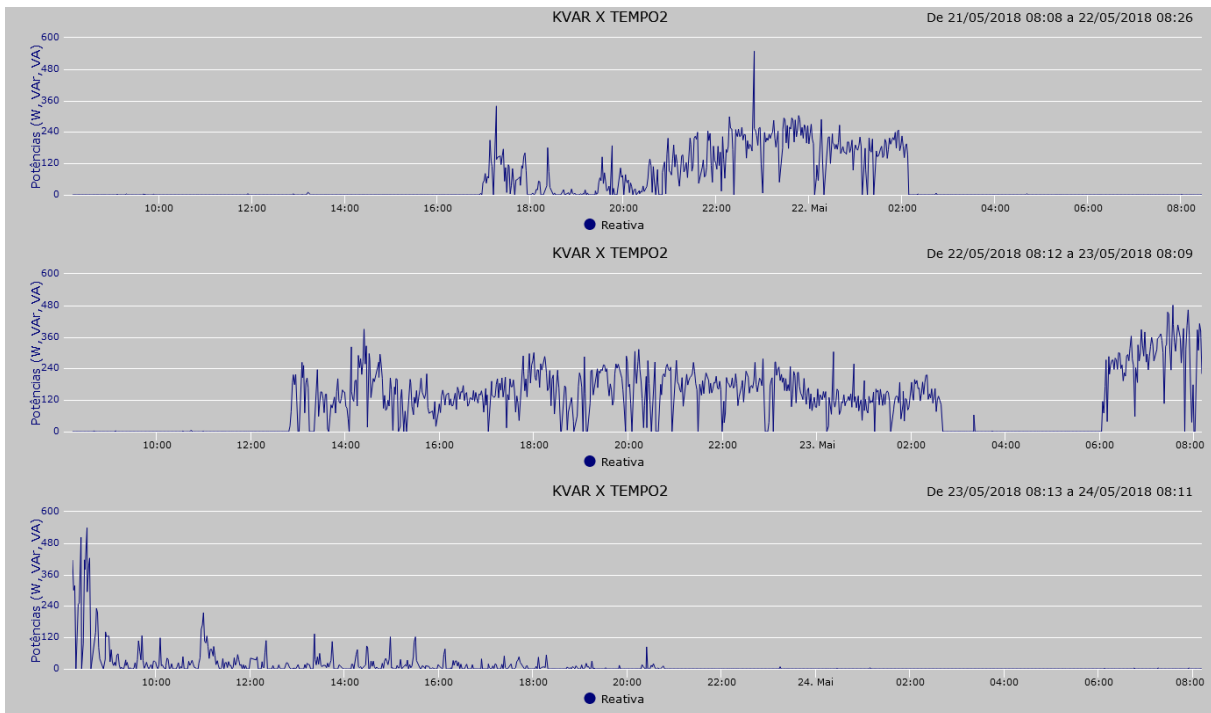
A figura 29 demonstra que a tensão variou de 364vac a 375vac, tensão que foi medida no ramal de alimentação do inversor de frequência.

Figura 30 – Tensão x tempo



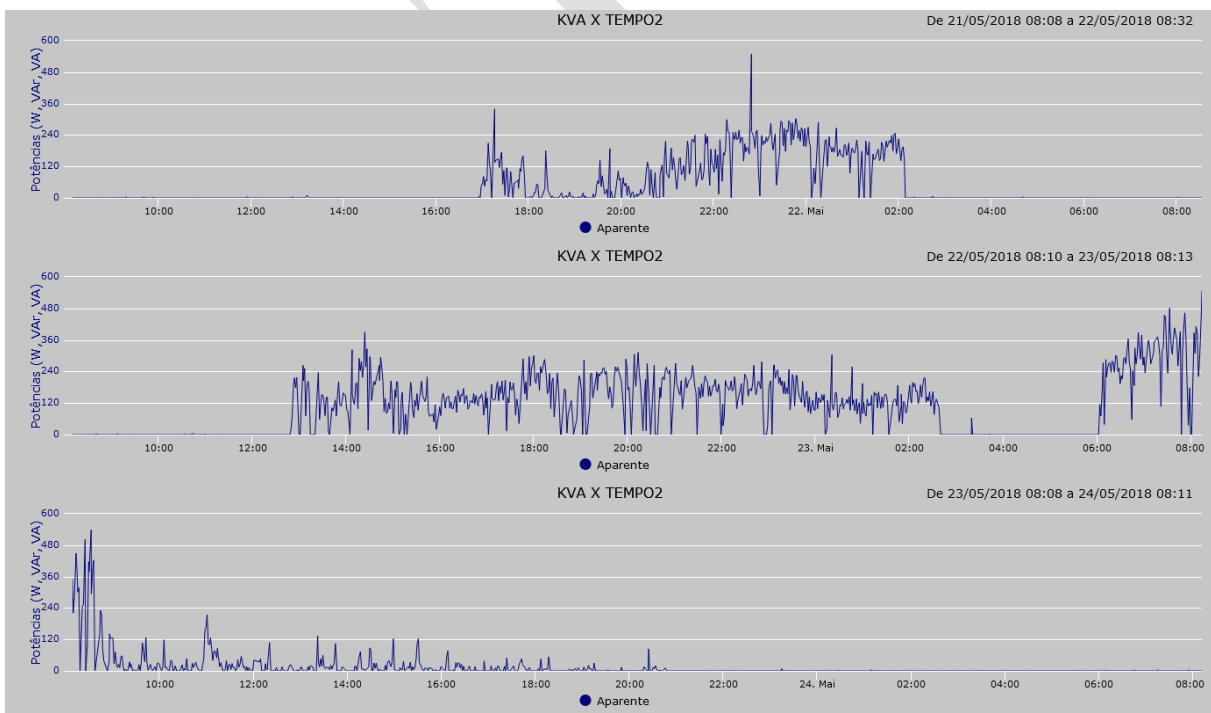
Fonte: Do autor (2018)

Figura 31 – KVAR x tempo



Fonte: Do autor (2018)

Figura 32 – Kva x tempo



Fonte: Do autor (2018)

Quadro 8 – Consumo depois da automação

| | | |
|---|--|----------------------|
| Potência média consumida (w/h) | Funcionamento da torre (dias) | W/h consumido |
|---|--|----------------------|

| | | |
|---------|-------|---------|
| 12 w/h | 1 dia | 288 w/h |
| 288 w/h | 3 dia | 864 w/h |

Fonte: Do autor (2018)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se um resultado esperado, notando que o motor só irá ligar ao atingir a temperatura que foi setado para resfriamento, e em dias com temperaturas amenas ele irá ficar completamente desligado, sendo assim um controle eficaz que torna o sistema automático.

Como o presente trabalho teve os resultados colhidos em dias que a temperatura ambiente estava baixa, os resultados foram mostrados apenas com o motor desligado, para regulagens do controle do motor deve-se fazer em dias com temperaturas altas, para que possa ter um resultado satisfatório do funcionamento.

REFERÊNCIAS

EDIBON. **Motor trifásico com rotor bobinado**. Disponível em: <<http://www.edibon.com/es/equipment/cut-away-asynchronous-three-phase-motor-of-wound-rotor>>. Acesso em: 17 maio 2018.

ENACADEMIC. Torre de tiragem natural ou hiperbólica. Disponível em: <<http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/392003>>. Acesso em: 07 maio 2017.

FABIOFERRAZDR. Distribuição de água por gravidade. 2017a. Disponível em: <<https://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/08/torres-de-resfriamento2.pdf>, figura 7>. Acesso em: 27 maio 2017.

FABIOFERRAZDR. Distribuição de água por gravidade. 2017b. Disponível em: <<https://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/08/torres-de-resfriamento2.pdf>, figura 8>. Acesso em: 27 maio 2017.

FLICKR. Torre de resfriamento por tiragem mecânica. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/grupoebx/7068748861/>>. Acesso em: 06 maio 2017.

FRANCHI, Claiton Moro. Controle de processos industriais: princípios e aplicações. São Paulo: Érica, 2011. 255p.

GASIL. **Tratamento de fluidos**. Disponível em: <<http://www.gasil.com.br/index.php/areas/industrial/tratamento-de-fluidos/#4>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

GRUPOFERMON. **Motor trifásico rotor gaiola de esquilo**. 2018. Disponível em: <<http://grupofermon.com/?product=mot-tf-10hp-motor-trifasico-de-10-h-p>>. Acesso em: 16 maio 2018.

HAMON. Funcionamento da torre de resfriamento por tiragem mecânica induzida. Disponível em: <http://www.hamon.com.br/pt_BR/produtos/torres-de-resfriamento/sistema-de-resfriamento-umido/torres-de-resfriamento-de-tiragem-mecanica/tiragem-induzida>. Acesso em: 21 maio 2017.

HEINEN, Farlei Jose. **SISTEMA DE CONTROLE HÍBRIDO PARA ROBOS MÓVEIS AUTÔNOMOS**. 2002. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Computação Aplicada, Universidade do Vale do Rio de Sinos, São Leopoldo, 2002. Cap. 2.

LADISLAU DOWBOR (São Paulo) (Org.). Administrando a água como se fosse importante. São Paulo: Secac, 2005. 290 p.

MASCHERONI, José M.; LICHTBLAU, Marcos; GERALDI, Denise. **Guia de aplicação de inversores de frequência**. Santa Catarina: WEG Automação, 238p.

NOVUS. **Controlador de temperatura**. Disponível em: <http://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=621808&SecaolD=726281&Template;=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=504417>. Acesso em: 27 maio 2017.

PERES, Antônio Daniel Catunda. **MÓDULO DE CONTROLE APLICADO À AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA**. 2011. 18 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2011.

PROFICOOL. Torre de resfriamento. Disponível em: <http://www.proficool.pl/?html_file_name=zasada-dzialania-chlodni>. Acesso em: 06 maio 2017.

SAMPAIO, Franco Serighelli. **TORRE DE RESFRIAMENTO: MODELAGEM, SIMULAÇÃO E TESTES EXPERIMENTAIS PARA APOIO AO ENSINO DE ENGENHARIA MECÂNICA**. 2013. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, 2013.

SANTOS, Afonso Henrique Moreira et al. Conservação de energia: eficiência energética de instalação e equipamentos. 2. ed. Itajubá: Efei, 2001. 467 p.

SILVEIRA, Paulo Rogério da; SANTOS, Winderson Eugenio dos. Automação e controle discreto. 8.ed. São Paulo: Érica, 2007. 229p.

SPXCOOLING. Torre de resfriamento por tiragem forçada. Disponível em: <<http://spxcooling.com/images/fd-p02-b.jpg>>. Acesso em: 24 maio 2017.

TERMOPARTS. Enchimento film fill. Disponível em: <<http://www.termoparts.com.br/tp/>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

TORRE DE RESFRIAMENTO. Funcionamento da torre resfriamento por tiragem mecânica forçada. Disponível em: <<http://torresresfriamento.com.br/tr/19/torre-de-resfriamento-funcionamento/manual-de-funcionamento-de-uma-torre-de-resfriamento/>>. Acesso em: 21 maio 2017.

UTFPR, Banco de Dados. **Partida de motores com inversor de frequência**. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/joaquimrocha/acionamento-eletronico-de-maquinas-eletricas/Acionamento_03_Motor_de_Inducao.pdf>. Acesso em: 17 maio 2018.

VETTOR. Enchimento splash fill. Disponível em: <<http://vettor.com.br/store/index.php/internos/enchimento-de-respingo-v-bar-1500-mm.html>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

VETTORTORRES. Torre de resfriamento. Disponível em: <<http://vettortorres.com.br/vettor/Home/Historia>>. Acesso em: 06 maio 2017.

WIKA. **Sensor de temperatura**. Disponível em: <http://www.wika.com.br/tr10_h_pt_br.WIKA>. Acesso em: 17 maio 2017.

WEG. **Inversor cfw112013b**. Disponível em: <<http://old.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Drives/Inversores-de-Frequencia/CFW11>>. Acesso em: 17 maio 2017.

WEG. **Motor ir3 w22 premium2013a**. Disponível em: <<http://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-Elétricos/Trifásico---Baixa-Tensão/Eficiência-Energética/IR3-Premium/W22-WELL-IR3-Premium/W22-Well-IR3-Premium-15-cv-4P-132M-L-3F-220-380-V-60-Hz-IC411---TFVE---B3D/p/12805624>>. Acesso em: 17 maio 2017.

E-TEC

CAPÍTULO II – ANÁLISE DE FALHAS NA MANUTENÇÃO DE REDUTORES EM UMA INDÚSTRIA TEXTIL

Roberto Massao Saito¹

Flavio Antunes Ferreira²

RESUMO

O presente artigo consistiu em elaborar um estudo de caso, que buscou realizar uma análise na manutenção dos redutores da marca Cestari, em uma indústria têxtil. Esses equipamentos encontram-se instalados em um determinado setor de fiação. Através da análise termográfica e vibração e lista de dados de manutenção do equipamento, procurou identificar possíveis falhas para melhoria contínua do equipamento citado. Após as análises foram detectadas falhas mecânicas em dois redutores, que não seriam possíveis ser detectadas pelo fator humano, somente por equipamentos de análises, outra falha detectada foi a falta de comunicação entre os envolvidos. A proposta de melhoramento foi: *checklist* de verificação e solicitação de serviços, e incluir análise de vibração na manutenção preventiva, para evitar as quebras do equipamento.

Palavras-chave: Equipamento. Redutor. Análise.

FAILURE ANALYSIS ON MAINTENANCE OF GEARBOXES IN A TEXTILE INDUSTRY

ABSTRACT

This article was to draw up a case study, which sought to carry out an analysis on maintenance of gear units of the mark Cestari, a textile industry. Such equipment are installed in a particular sector of wiring. Through the Thermographic Analysis, vibration, and list of equipment maintenance data, sought to identify possible failures for continuous improvement of the equipment. After the mechanical failures were detected in tests two reducers that would not be possible to be detected by the human factor, only for testing equipment, other failure detected was the lack of communication between those involved. The proposed upgrade was: *checklist* of verification and request services, and include vibration analysis on preventive maintenance, to avoid the equipment breaks.

Key-words: Equipment. Reducer. Analysis.

¹ Graduando em Tecnólogo Manutenção Industrial. E mail: rsmassao2016@gmail.com

² Especialista em Engenharia de Manutenção Industrial pelo SENAI. Docente da Faculdade Tecnologia SENAI Londrina. E mail: flavio.ferreira@pr.senai.br

1. INTRODUÇÃO

A produção está ligada com o fator de demanda e com os custos gerados, além dos preços competitivos com demais fornecedores, a qualidade do produto também influencia na hora da compra, a essa demanda traz um consumidor mais exigente na escolha do produto final (KOTLER, 1999).

Segundo Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (2013), demonstram uma queda de 89,3% para 88,7%, conseqüentemente as paradas para manutenção em equipamentos tiveram um aumento em torno de 0,17%, devido da idade média dos equipamentos que passou de 16,9 anos para 19,7 anos. Esses valores mostram que a uma necessidade de um aumento nos investimentos por parte das indústrias neste setor.

Para que essas necessidades sejam contidas seria necessária uma readequação da organização produtiva, para se ter mais autonomia nos equipamentos instalados na linha de produção, mas para que esses componentes trabalhem sem intervenções, é necessário dar uma atenção maior na área da manutenção. Mas buscar qualidade de serviço é preciso que a empresa invista na qualificação de seus colaboradores, para garantir no bom andamento de seus processos produtivos, além de obter ganhos na produtividade e qualidade (SOUZA; LIMA, 2003).

Para Xenos (2014), as atividades de manutenção estão diretamente ligadas com o tratamento de falhas que o equipamento deva apresentar no decorrer do tempo de uso. A detecção, reparos e as investigações das causas que levaram a quebra são essenciais para medidas preventivas para a sua reincidência.

Os equipamentos instalados na indústria como os redutores de velocidade, são componentes que reduzem a velocidade da máquina para que o processo seja realizado, normalmente acoplado juntamente com motores elétricos, que podem fornecer infinitudes de aplicações conforme a necessidade da linha de produção (FARIA, 2009 *apud* ARAÚJO, 2011).

Nas atividades da manutenção de equipamentos podemos inserir técnicas como métodos de observação (exame visual, termográfica), e análise de vibração, são procedimentos importantes na manutenção de redutores, são medidas que visam a reduzir as falhas, ou até o melhoramento com os dados colhidos pelas análises obtidas (XENOS, 2014). A esses monitoramentos relacionados acima são todos voltados para Manutenção Preditiva, prevenir a quebra através de monitoramento com equipamentos específicos (KARDEC; NASCIF, 2002).

Segundo Santos (2013), cita que os alojamentos, eixos, rolamentos, chavetas e acoplamentos são os defeitos mais comuns encontrados no redutor, além da utilização de lubrificantes incorretos na hora da troca do óleo do componente, e os ajustes que devem ser precisos entre o eixo do redutor e o motor, e o dimensionamento incorreto para o uso na linha de produção, são as causas que levam para a quebra do equipamento.

Mesmo que o redutor seja projetado para atuar em diversas aplicações, no entanto podem sofrer quebras por falta de cuidado da equipe de manutenção, que devem verificar o equipamento no aparecimento de vibrações, ruídos, vazamentos de óleos pelo eixo de entrada ou saída, ou seja, todo equipamento mecânico está sujeito a quebras não programadas (GONÇALVES, 2006 *apud* LAGO 2009).

O objetivo do estudo consistiu em realizar uma análise na manutenção dos redutores da marca CESTARI, esses equipamentos encontram-se instalados em um determinado setor da fiação de uma indústria têxtil, que apresentam possíveis falhas no equipamento. A coleta de dados do equipamento foi realizada através da coleta de análise termográfica, vibração, e lista de verificação de manutenção preventiva do equipamento. Buscou-se neste estudo um melhoramento na vida útil dos redutores dentro de um determinado setor, através das análises acima citados, e desenvolver melhorias nas manutenções de redutores, para que as devidas falhas sejam sanadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito e importância da manutenção

A política de modo geral nas indústrias brasileiras vem tomando rumos de melhoria continua sobre os produtos comercializados, dentre as mudanças que são mencionadas em diversos artigos técnicos a área de manutenção vem se destacando de modo geral (ICA, 2015), NR55001 (Ativos,3.2.1), que relaciona equipamentos, estoques, e contratos entre outros

Dentre as principais causas que foram notadas foram as oportunidades de inovação de equipamentos, preocupação com a segurança NR12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, envelhecimento dos equipamentos e das instalações, além de reduzir os custos e as exigências geradas pelas aplicações da norma regulamentadora (XENOS, 2014).

A manutenção é definida como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em

um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462), ou seja, assegurar que o equipamento continue a exercer suas atividades que foram projetados com seus devidos cuidados técnicos indispensáveis ao seu funcionamento e manutenibilidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

Com isso a preocupação com o equipamento tornou-se um ponto relevante no desenvolvimento da manutenção, vistas que a produção não poderia parar, o conceito de manutenção corretiva já não surtia mais o efeito como antes nos processos produtivos. A necessidade de ter máquinas trabalhando continuamente sem o fator quebra, foi onde começou um processo desenvolvimento na área de manutenção preventiva (VAZ, 2003).

Mesmo com o surgimento de novas aplicações na área da manutenção, estudos e planejamentos teriam que ser revisados, tendo em ponto as horas trabalhadas dos equipamentos, as necessidades de troca de algumas peças que atingiam a sua vida útil, que poderiam levar a falhas, e provavelmente a paradas não programadas (BERGAMO, 1997).

Com esses dados colhidos, sobre o desgaste, corrosão, fadiga, fenômenos físico e químico, e as perspectivas de vida útil do equipamento, e também com o desenvolvimento de estratégias de manutenção, surgia então a manutenção preditiva, onde equipes formadas por engenheiros, gerente de manutenção, mecânicos, procuram a melhoria contínua do equipamento, na otimização do processo na qualidade e produtividade (A. FILHO 2013 *apud* COSTA 2013).

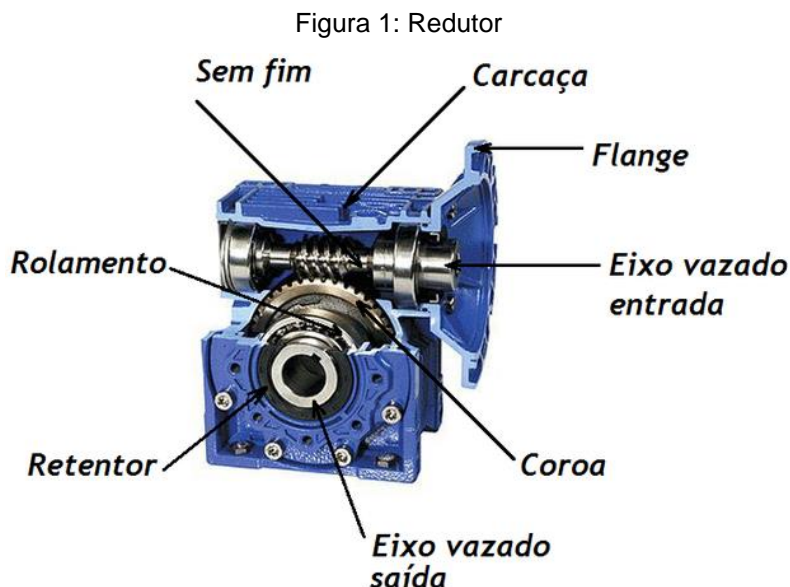
Com o aumento de produtos comercializados, aliados com a inovação de novos produtos e na exigência na qualidade por parte dos consumidores finais, a equipe de gestores da manutenção viu-se na obrigação de diminuir as paradas não programadas e as falhas na linha de produção, tornando-se um dos pontos para sobrevivência da empresa (A. FILHO 2013 *apud* COSTA 2013).

2.2 Redutor Cestari

Os componentes para geração de energia mecânica muitas vezes não podem ser acoplados diretamente ao processo industrial. Em certas situações como bombas, ventiladores, entre outros, necessitam de um elemento no processo que possa modificar as características de velocidade, torque e rotação (WEG-CESTARI, 2017). Foi por isto que houve uma necessidade de se desenvolver um componente redutor.

Esses componentes normalmente são um conjunto de eixos com engrenagens de dentes retos ou helicoidais, cônico ou somente constituído de uma coroa e um parafuso de

rosca sem fim, sua finalidade é reduzir a velocidade de rotação imposta pelo motor elétrico (WEG-CESTARI, 2017). Em contrapartida tem-se um ganho no torque de saída do elemento transmissor, na figura 1 as descrições do equipamento em corte.



Fonte: Malvtec Acionamentos (2015).

Os redutores são normalmente fabricados com a mais alta tecnologia, pois aplicam materiais, máquinas e ferramentas muitas vezes de primeira linha, onde são testados e avaliados por um rigoroso controle de qualidade (WEG-CESTARI, 2017).

Normalmente são equipamentos projetados que apresentam uma vida útil elevada, no quadro 1 demonstra os componentes de um redutor, apesar de serem equipamentos robustos podem sofrer quebras por falta de cuidado, ou indevida utilização do componente (XENOS, 2014).

Quadro 1: Componentes do redutor em detalhes.

| Componente | Descrição |
|-----------------------|---|
| Rosca sem fim | Fabricadas em aço cromo-níquel para cementação, o perfil é retificado em máquinas de precisão, onde se obtém uma peça de com um bom rendimento e suavidade no movimento. |
| Coroas | Fabricadas em bronze centrifugado de liga especial, com propriedades mecânicas que garantem um ótimo funcionamento e durabilidade. |
| Carcaças | Fabricadas em ferro fundido cinzento de alta qualidade e rigidez e versatilidade, a superfície externa superfície externa e fabricada em formas de aleta proporcionando uma melhor dissipação de calor. |
| Eixos de saída | São dimensionados para suportarem as cargas flexão, dentro de seus limites, usinados em aço carbono temperados e revenidos para a dureza especificada. |
| Mancais | Definido como suporte ou guia em que se apoia o eixo. |
| Rolamentos | Elementos girantes de equipamentos que suportam os eixos com as engrenagens, possibilitando um menor atrito no movimento. |
| Lubrificação | Realizado por imersão em banho de óleo, para determinados posições são aplicados lubrificantes a graxa para os elementos rolantes. |

| | |
|----------------------------------|---|
| Refrigeração | Gerada pelo próprio lubrificante e por uma ventoinha acoplada a rosca sem fim, que através das aletas da carcaça do motor refrigera o equipamento. |
| Retentores | São fabricados de borracha com molas em seu interior impedindo a passagem do fluido para a parte externa, e evitar as infiltrações de corpos estranhos de contaminantes da parte externa. |
| Tampa de inspeção | Tampas que auxiliam na inspeção das partes internas do equipamento não havendo necessidade de desmontagem do redutor para a verificação. |
| Níveis de óleo | Elementos fixados nos redutores onde possibilitam a verificação do nível de lubrificante presente nele. |
| Respiro | Dispositivo de saída e entrada de ar do redutor durante o trabalho, devido ao aquecimento e resfriamento (volume do ar). |
| Placa de dados do redutor | Especificações técnicas do redutor onde são informada relação de transmissão, rotação, tipo de lubrificante, modelo, fabricante. |

Fonte: Adaptado pelo autor do catálogo MAGNA K (2016).



Um acompanhamento do equipamento por parte do setor de manutenção quanto ao aparecimento de ruídos, vibrações e aquecimentos, demonstram que redutor pode estar desalinhado, ou apresentar falta de óleo, todos os componentes mecânicos podem apresentar falhas por deterioração (SANTOS, 2013).


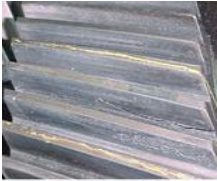
2.2.1 Problemas mais frequentes nas engrenagens dos redutores

Algumas das descrições de quebra do redutor conforme os limites de ajuste, desgaste, cargas excessivas no conjunto, óleo lubrificante incorreto, ou depósitos sólidos dentro da caixa do redutor no fundo do componente, tendem a levar o equipamento a quebra (DUTRA, 2014).

O superaquecimento do equipamento gerado pelas falhas das engrenagens também é um fator que deve ser levado em consideração, ou matraqueamento que seria as folgas excessiva entre os dentes de duas engrenagens, as quebras mais frequentes são citadas no quadro 2.

Quadro 2: Defeitos mais frequentes em engrenagens

| | |
|---|--|
|  | <p>DESGASTE POR INTERFERÊNCIA Gerada pelo contato inadequado entre as engrenagens, quando a carga está centrada sobre o flanco impulsor, que está diretamente em contato com a engrenagem impulsionada.</p> |
|  | <p>DESGASTE ABRASIVO São as presenças de impurezas ou corpos estranhos que encontram alojados entre as faces de contato, essas impurezas normalmente ficam depositadas no fundo do corpo do redutor.</p> |

| | |
|---|---|
|  | <p>QUEBRA POR SOBRECARGA Sobrecarga, choques ou problemas com o tratamento térmico superficial do material, com desgaste do dente surgem uma lombada que diminui com o tempo de uso, que leva a quebra do mesmo.</p> |
|  | <p>TRINCAS SUPERFICIAIS Encontradas em engrenagem cementadas e sua principal característica são o cisalhamento do dente, ocorrem principalmente quando a parada brusca do equipamento, ou deslizamento lateral do componente, esses dos fatores ocorrem devido a vibrações constantes no equipamento, carga em excesso, falta de óleo.</p> |

Fonte: Dutra (2014).

Esses sintomas podem ser observados pelo próprio operador ou colaborador, pois apresentam ruídos ou barulhos que normalmente não são notados quando o equipamento se apresenta em bom estado de funcionamento (DUTRA, 2014). A comunicação deve ser feita ao Setor de Manutenção para que as devidas providências sejam tomadas antes da quebra.

2.3 Análise termográfica

Para Kardec (2013), análise termográfica é uma forma de manutenção que proporciona o acompanhamento da temperatura do equipamento, com a formação de imagens térmicas geradas pelo equipamento de medição, normalmente conhecidas como termogramas.

Segundo Pereira (2011), o procedimento de medição tem uma vasta aplicação nos processos industriais como componentes elétricos de painéis e motores elétricos (rolamentos e carcaça), fornos, caldeiras, condutores como chaminés e vasos de vapor, entre outros. Neste contexto a termográfica está relacionada com a temperatura presente sobre a superfície do material analisado, quando este componente apresente tensões térmicas normalmente calor, essas variações são captadas pela câmera termográfica.

As medições termográficas são efetuadas através de sistemas infravermelhos, onde é realizada uma comparação entre amplitude de radiação do corpo medido e de uma referência de temperatura, esses conceitos aplicados corretamente proporcionam uma maior confiabilidade de vida útil do equipamento.

Segundo Kardec (2013), as câmeras termográficas, figura 2, podem ser ligadas com os computadores através de programas específicos, com o armazenamento dos dados colhidos em campo. Com esses dados armazenados podem ser realizados levantamentos e emissões de relatórios, para estudos posteriores na linha de produção do processo industrial.

Figura 2: Equipamento de medição



Fonte: Flir Instruments (2017).

Este recurso aplica-se também aos redutores de velocidade possibilitando visualizar a distribuição de temperatura sobre a superfície do redutor, onde podem ser notados os aquecimentos de alguns componentes que compõem o equipamento.

2.4 Análise de vibração

Entre as principais técnicas de acompanhamento de vida útil do equipamento está relacionado com análise de vibração na linha de processo, principalmente em componentes rotativos, que são analisados a velocidade, aceleração, deslocamento do componente (KARDEC, 2013).

Para Cunha (2005), o conceito de análise de vibração está relacionado com as estruturas dos equipamentos que estimulados pelo esforço dinâmico, provocam sinais vibratórios cuja frequência é igual ao sinal emissor. E essas medidas colhidas em certos pontos estão relacionadas com as somas das respostas das estruturas aos diferentes esforços provocados pelo equipamento.

Esses instrumentos medem as amplitudes de deslocamento e velocidade em várias faixas, ajustáveis pelo seletor, conforme figuras 3 e 4, atualmente esses aparelhos podem

ser encontrados de forma mais compacta ou mais incorporados com funções mais complexas (KARDEC, 2013).

Figura 3: Medidor de frequência variável



Fonte: Minipa (2017).

Figura 4: Caneta de medir vibração SKF-CMAS-100SL



Fonte: SKF (2011).

Para análise de vibração iniciam-se que todos os equipamentos em funcionamento produzem vibrações, essas degradações de funcionamento são providas de alguma regularidade que o equipamento apresenta (MIRSHAWKA,1991). Conhecendo os sinais originais do equipamento, podem ser verificadas com os dados colhidos e diagnosticarem-se as falhas e as mudanças de comportamento pelo aumento da vibração na máquina.

Para Kardec (2002), a esses sinais detectados pelo equipamento citamos alguns problemas que ocorrem no componente:

- Desbalanceamento;
- Desalinhamento;
- Eixo desalinhado;
- Excentricidade (polias, mancais, rotores de motores);
- Desgaste em engrenagens e mancais;
- Fixação incorreta, entre outros.

Alguns cuidados devem ser tomados na medição dos componentes como: o lugar correto para a medição, interferências ou influências provocadas pelas estruturas que os elementos estão instalados, medição com a mesma condição de operação, medições com

aparelhos que não captam baixa frequência e sensores inadequados para a medição (KARDEC, 2002).

3. METODOLOGIA


O presente artigo consistiu em elaborar um estudo de caso, em função da necessidade de buscar conhecimentos para encontrar possíveis falhas no redutor e na manutenção, e melhorar à vida útil do componente. Este equipamento encontra-se instalado em uma empresa de fiação têxtil em um determinado setor. Os dados foram pesquisados em livros, artigos, monografias de trabalhos sobre redutores, manutenção de equipamentos e elementos de máquina, e a coleta documental do equipamento ocorreu no chão de fábrica. A necessidade de melhoramento da vida útil do equipamento desta empresa, é que passou a ser um incentivo para estudo, além de colocar em prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula.

As análises termográficas e de vibração ocorreu-se no chão de uma indústria têxtil no setor enrolamento onde se encontram os equipamentos. A análise de vibração tornou-se possível de ser realizado graças ao equipamento cedido pela Faculdade de Tecnologia de Manutenção Industrial, Senai Londrina.

3.1 Redutor

O redutor empregado para estudo foi da marca Cestari modelo K 70, que demonstra no quadro 3, este equipamento está presente em todo setor do enrolamento na linha de produção da indústria têxtil.

Quadro 3: Redutor da marca Cestari

| | | |
|---|---------------|-------------------------|
|  | Tipo | K 70 |
| | Redução | 1: 15 |
| | Engrenagens | Coroa e rosca sem fim |
| | Torque | 10 a 1300 Nm |
| | Fixação | Carcaça |
| | Rotação | 1750 RPM |
| | Eixo de saída | Vazado (padrão), maciço |

Fonte: MAGNA K (2016).

A velocidade de entrada do redutor é de 1720 RPM, passando pelo sistema a velocidade cai 15 vezes o valor de entrada, seu sistema de saída é utilizado engrenagens

de dentes e sua transmissão ocorre por meios de correntes que são interligados aos eixos girantes, na figura 5 onde estão instalados equipamentos.

Figura 5: Máquina de enrolamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).


O redutor está sendo impulsionado com um motor da marca WEG de 2 cv, o acoplamento do redutor com o motor é utilizado acoplamento elástico, esse elemento permite até uma variação de 6 graus de torção e deslocamento angular, ou seja, mesmo que o motor e redutor não estejam propriamente alinhados este componente ajusta para o funcionamento correto do mesmo.

No setor estão instalados dezoito redutores da mesma marca (CESTARI), com a mesma especificação citadas neste artigo.

3.2 Ensaio termográfico

Para análise termográfica a câmera utilizada foi modelo FLIR E-40, são termovisores compactos utilizados para diversas aplicações na área industrial conforme quadro 4.

Quadro 4: Termovisor modelo FLIR-40

| | | |
|---|-------------------------------|-----------------------|
|  | Resolução | 160x120 pixels |
| | Sensibilidade térmica | <0,07°C |
| | Precisão | ±2°C ou 2% de leitura |
| | Faixa de temperatura | -20°C a 650°C |
| | Display Colorido Touch Screen | 3.5" (320x240) |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).


A câmera possui uma mira a laser que facilita a medição em determinados pontos, a mira é focalizada no display que ajuda a identificar o ponto medido exatamente, além de guardar em sua memória as leituras realizadas, que podem ser transferidas para computador, ou pendrive.

3.3 Ensaio Vibração

O instrumento empregado para medição, foi da marca INSTRUTHERM, é um medidor de vibração tipo caneta modelo MV-650.

O equipamento foi cedido ao aluno para que as análises fossem realizadas na indústria aqui mencionada. Foi possível ser realizado após aulas introdutórias sobre as análises de vibrações, e medições realizados em prática nos laboratórios do Senai Londrina, além dos minicursos promovidos pela instituição. No quadro 5 o aparelho aqui citado.

Quadro 5: Instrumento de medição.

| | | |
|--|----------------------|----------------------------|
|  | Parâmetro testado | RMS de velocidade vibração |
| | Escala | 0,1mm/s – 199,9mm/s |
| | Banda de transmissão | 10Hz – 1KHz |
| | Display | LCD, de 3 dígitos |
| | Alimentação | Duas pilhas botão LR-44 |
| | Dimensões | 150x22x18mm |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O aparelho tem de ficar posicionado perpendicular à superfície que será analisado o equipamento, a medição saíra no display por um minuto e depois o aparelho desliga automaticamente, no quadro 6 os parâmetros adotados pelo fabricante na análise de vibração, a coloração foi colocada para melhorar a visualização dos parâmetros de vibração.

Quadro 6: Tabela dos parâmetros vibração do instrumento

| Velocidade (rms) mm/s | I | II | III | IV |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.28 | Excelente | excelente | excelente | excelente |
| 0.45 | | | | |
| 0.71 | | | | |
| 1.12 | Bom | bom | bom | |
| 1.8 | | | | |
| 2.8 | Ruim | ruim | bom | |
| 4.5 | | | | bom |

| | | | | | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 7.1 | Proibido | | ruim | | | |
| 11.2 | | proibido | | ruim | | |
| 18 | | | proibido | | proibido | |
| 28 | | | | proibido | | proibido |
| 45 | | | | | proibido | |

Fonte: Adaptado pelo autor do manual Instrutherm (2012).

A classificação depende da potência do motor, na classe I são os motores pequenos (menos que 15KW), classe II são motores médios (15KW~75KW), classe III são motores grandes (base rígida), classe IV são motores grandes (base macia).

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Verificações dos controles de manutenções dos equipamentos

Cada equipamento possui uma ficha de acompanhamento da manutenção preventiva, conforme mostra a figura 6, dados da manutenção preventiva.

Figura 6: Cronograma de manutenção preventiva

| <i>CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA</i> | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>ANO-2017</i> | | <i>SETOR-ENROLAMENTO</i> | | | | | | | | | | | |
| <i>EQUIPAMENTO</i> | <i>FREQÜÊNCIA</i> | <i>Jan</i> | <i>Fev</i> | <i>Mar</i> | <i>Abr</i> | <i>Mai</i> | <i>Jun</i> | <i>Jul</i> | <i>Ago</i> | <i>Set</i> | <i>Out</i> | <i>Nov</i> | <i>Dez</i> |
| Meadeira K-02 | ANUAL | | | | | | | | | | | | |

FICHA DE CONTROLE DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

IDENTIFICAÇÃO

TIPO DE EQUIPAMENTO

PRODUÇÃO

AUXILIAR

FERRAMENTA

OUTROS

DESCRIÇÃO RESUMIDA: **MEADEIRA K-02**

LOCALIZAÇÃO: **ENROLAMENTO**

RESPONSÁVEL: **ENCARREGADA DO SETOR**

FABRICANTE: **FABRICAÇÃO PRÓPRIA**

MODELO / SÉRIE:

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS:

REGRAS DE MANUTENÇÃO: **PREVENTIVA ANUAL, TROCAR ÓLEO DO REDUTOR. REVISAR MOTOR. VERIFICAR ROLAMENTOS, CORRENTES, ENGRENAGENS E MANCAIS DE BRONZE.**

HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

| TIPO DE MANUTENÇÃO | DATA | OCORRÊNCIA | MEDIDA TOMADA | REALIZADO POR | VERIFICADO POR |
|-----------------------|----------------------------|--|---|---------------|----------------|
| MANUTENÇÃO PREVENTIVA | 26 A 28/12/2017 | TROCAR ÓLEO DO REDUTOR, VERIFICAR ROLAMENTOS, CORRENTES, ENGRENAGENS E MANCAIS DE BRONZE | VERIFICADO DO BUCHA DO MANCAL, A COPLAMENTO, CORRENTE, ROLAMENTO E TROCADO ÓLEO DO REDUTOR. | ROBERTO | VMIANE |

Fonte: Manutenção de equipamentos do enrolamento (2017).

As informações estão presentes neste setor em forma digital, as manutenções referentes aos redutores e máquinas como troca de óleo, verificação dos rolamentos, correntes, engrenagens e mancais de bronze são realizadas periodicamente, ou seja, a cada ano.

A lubrificação do equipamento é realizada conforme o cronograma a cada 45 dias, o acompanhamento é realizado pelo encarregado do setor, juntamente com esse serviço é realizado uma vistoria nas engrenagens e eixos das máquinas, executadas pelo auxiliar de manutenção do setor.

No cronograma de execução estão citados em vermelho respectivo ao mês de verificação da manutenção, o equipamento possui uma ficha de controle de manutenção

preventiva onde são descritos os históricos dos procedimentos e troca de peças efetuadas neste período.

Cada turno fica responsável pela lubrificação e conferência dos equipamentos, dados na figura 7. Somente a manutenção dos redutores são os colaboradores da manutenção que ficam responsáveis pela verificação, troca de óleo, verificação dos rolamentos e engrenagens, enquanto a máquina propriamente dita a lubrificação e verificação de outros componentes cabe aos auxiliares de manutenção deste setor.

Figura 7: Cronograma de Lubrificação

| LUBRIFICAÇÃO: CORRENTE, MANCAL E ROLAMENTO | | | | | | | | |
|---|----------------|------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-----------|--------|
| SERVIÇO REALIZADO | A cada 45 dias | 1ª MÁQUINA (A) | | 1ª MÁQUINA (B) | | 1ª MÁQUINA (C) | | RESP. |
| | | DATA | EXECUTOR | DATA | EXECUTOR | DATA | EXECUTOR | |
| Lubrificação da corrente e do mancal | X | 14/01/2016 | VALDEIR | 14/01/2016 | VALDEIR | 14/01/2016 | VALDEIR | ANGELA |
| Lubrificação da corrente e do mancal | X | 26/02/2016 | CLAUDINEI | 26/02/2016 | CLAUDINEI | 26/02/2016 | CLAUDINEI | ANGELA |
| Lubrificação da corrente e do mancal | X | 11/04/2016 | CLAUDINEI | 11/04/2016 | CLAUDINEI | 11/04/2016 | CLAUDINEI | ANGELA |
| Lubrificação da corrente e do mancal | X | 26/05/2016 | CLAUDINEI | 26/05/2016 | CLAUDINEI | 26/05/2016 | CLAUDINEI | ANGELA |
| Lubrificação da corrente e do mancal | X | 08/07/2016 | CLAUDINEI | 08/07/2016 | CLAUDINEI | 08/07/2016 | CLAUDINEI | ANGELA |
| Lubrificação da corrente e do mancal | X | 22/08/2016 | CLAUDINEI | 22/08/2016 | CLAUDINEI | 22/08/2016 | CLAUDINEI | ANGELA |
| Lubrificação da corrente e do mancal | X | 06/10/2016 | CLAUDINEI | 06/10/2016 | CLAUDINEI | 06/10/2016 | CLAUDINEI | ANGELA |
| Lubrificação da corrente e do mancal | X | 18/11/2016 | CLAUDINEI | 18/11/2016 | CLAUDINEI | 18/11/2016 | CLAUDINEI | ANGELA |
| SERVIÇO REALIZADO | Semestral | 1ª MÁQUINA (A) | | 1ª MÁQUINA (B) | | 1ª MÁQUINA (C) | | RESP. |
| | | DATA | EXECUTOR | DATA | EXECUTOR | DATA | EXECUTOR | |
| Lubrificação do Rolamento | X | 16/06/2016 | CLAUDINEI | 16/06/2016 | CLAUDINEI | 16/06/2016 | CLAUDINEI | ANGELA |
| Lubrificação do Rolamento | X | 16/12/2016 | CLAUDINEI | 16/12/2016 | CLAUDINEI | 16/12/2016 | CLAUDINEI | ANGELA |

Fonte: Controle de lubrificação do enrolamento (2016).

A lubrificação da corrente é realizada a cada 45 dias, devido a ficar mergulhado no óleo em recipiente próprio, caso apresente corpos estranhos é realizado a troca e limpeza do recipiente, sobre o rolamento é aproveitado quando há um intervalo de tempo entre uma produção e outra, neste tempo é realizada a lubrificação e verificação, dos serviços realizados. A limpeza das partes girantes como polia, eixo fica por conta das colaboradoras, realizadas conforme o cronograma por elas determinadas.

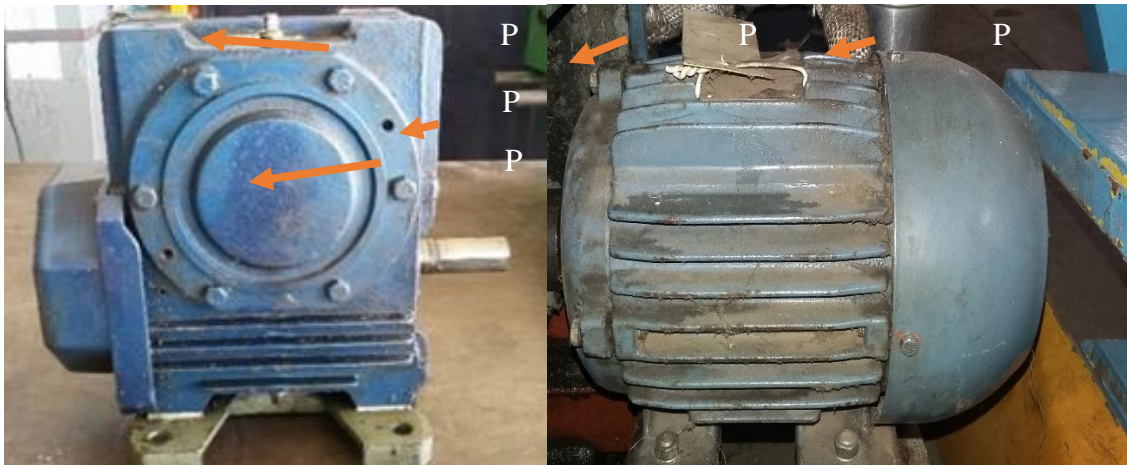
Caso alguns destes componentes citados apresente desgaste, é aberto uma Ordem de Serviço para a manutenção para troca. O serviço normalmente é executado pela manutenção noturna, ou dependendo da gravidade é executada no intervalo de produção, caso algum colaborador falte na lubrificação foi capacitado outro colaborador para a execução do serviço.

4.2 Análises de vibração realizadas nos redutores e motores: 1ª medição

As análises colhidas nas máquinas no total de 18 redutores, foram baseadas conforme a norma ISO 2373 e 3945, fornece gráficos e parâmetros para o julgamento da

severidade de vibração do equipamento, neste caso foi adotado a classe 1, pois trata-se de máquinas pequenas até 15KW (equivale a 11,04cv). A especificação dos pontos a serem colhidos foram especificados na figura 8, conforme aula prática realizada nas instalações do Senai, conforme orientação do professor.

Figura 8: Pontos de vibração do redutor e motor



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

As amostras colhidas no primeiro momento foram realizadas depois da troca de óleo realizada em dezembro de 2017, nas máquinas 5,6,7, foram modificadas ano de 2017, para adequação da Norma Regulamentadora NR-12, os redutores continuaram os mesmos aqui citados somente foi realizado um retrofitting nas polias de acionamento dos carretéis.

No ponto B, do redutor a medição não foi possível devido a engrenagem de acoplamento com o motor, ficando restrito ao ponto A e C, poderia ser modificado para outro lado, mas a ventoinha do redutor fica instalado muito próximo do ponto de medição, podendo ocorrer interferência na medição do redutor, no motor foram medidos na parte A da frente e B atrás perto da ventoinha, as laterais do motor apresentaram o mesmo nível de vibração.

A tabela 1 foi formada com as especificações do equipamento aqui utilizado conforme o manual de usuário, as divisões do estado do componente apresentam quatro classes: excelente, bom, ruim proibido, as colorações nos quadros foram adaptadas para a melhor visualização.

Tabela 1: Medições e condições de vibração do motor e redutor

| Máquina | Motor A | Motor B | Redutor A | Redutor C | Velocidade (rms) mm/s | Classe I |
|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|
| 1A | 1,8 | 1,6 | 1,7 | 2,2 | 0.28 | excelente |
| 1BC | 1 | 0,8 | 1 | 1,3 | 0.45 | |
| 2A | 1,2 | 1 | 1,2 | 1,4 | 0.71 | |
| 2BC | 0,8 | 0,6 | 1,3 | 1,5 | 1.12 | bom |
| 3A | 1 | 0,8 | 0,6 | 1 | 1.8 | ruim |
| 3BC | 0,9 | 0,7 | 0,3 | 0,5 | 2.8 | |

| | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|------|----------|
| 4A | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 4.5 | proibido |
| 4BC | 1 | 0,8 | 0,2 | 0,5 | 7.1 | |
| 5 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 11.2 | |
| 6 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 18 | |
| 7 | 7,5 | 6 | 7,3 | 8,2 | 28 | |
| 8 | 1 | 1 | 0,3 | 0,5 | 45 | |
| 9 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 1,2 | | |
| 10 | 1,3 | 1,2 | 0,7 | 1 | | |
| 11 | 1,1 | 1 | 0,8 | 0,9 | | |
| 12 | 0,7 | 0,6 | 0,2 | 0,5 | | |
| 13 | 7 | 6 | 5,4 | 7,6 | | |
| 14 | 1,3 | 1 | 0,2 | 0,2 | | |
| 15 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | | |
| 16 | 0,7 | 0,5 | 1,2 | 1,6 | | |
| 17 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | | |
| 18 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,7 | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Acima verificamos que nos equipamentos 7 e 13 ultrapassaram o limite, foi comunicado ao encarregado e verificado as possíveis falhas que o equipamento poderia apresentar. Uma das constatações do mecânico encontrou foi no equipamento 7 o desgaste da corrente que sai do redutor estava gasta e a engrenagem estava desalinhada, ocasionando um atrito entre a engrenagem de saída do redutor e a engrenagem de entrada do eixo árvore do equipamento, no caso da máquina 13, conforme figura 9, o eixo apresentou desgaste provocado pelo parafuso do rolamento, que se desprende-se ocasionando a falha, essa falha poderia ser evitada com conferência do equipamento parado entre as produções dentro de especificados dias. Os locais onde estão instalados os eixos e engrenagens são de fácies acesso para a visualização e verificação do equipamento, não comprometendo a segurança do verificador na hora da inspeção do equipamento.

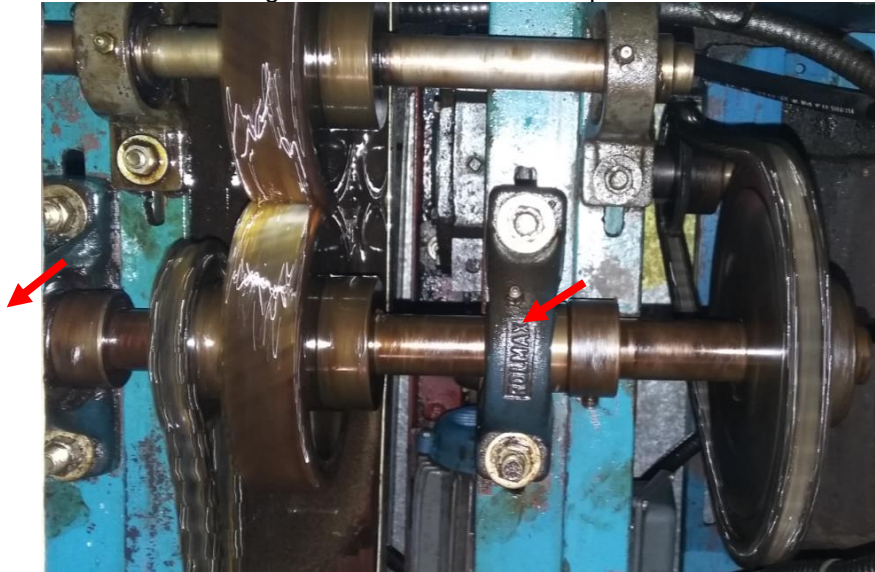
Figura 9: Eixo da máquina 13



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Na figura 10, local da máquina 13 onde foi trocado o eixo, centralizado novamente com a engrenagem de saída do redutor com a engrenagem movida, a seta indica o ponto onde ocorreu o desgaste.

Figura 10: Local falha da máquina 13



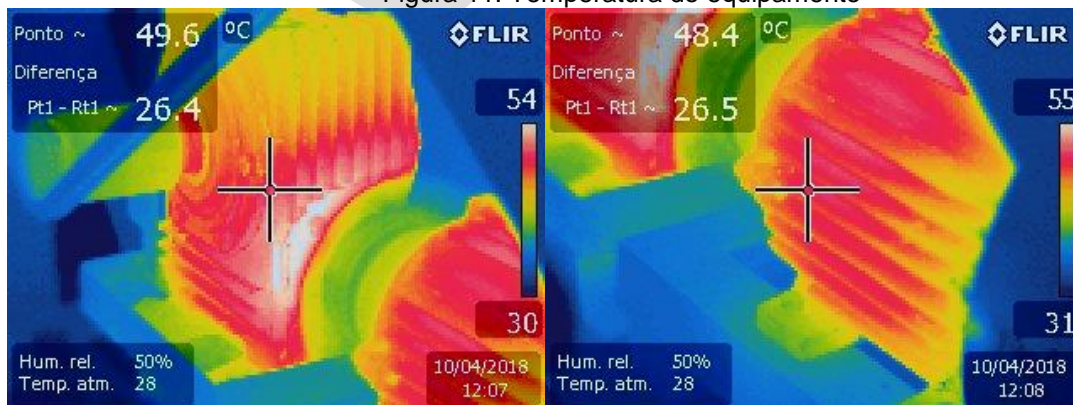
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Ambos os casos foram averiguados para descobrir as possíveis falhas no equipamento, no primeiro caso a falta de lubrificação foi um dos motivos encontrados para o desgaste da corrente, no segundo caso a falta de aperto e verificação do equipamento foram as falhas detectadas.

4.3 Análise termográfica dos redutores e motores

Os pontos de coleta seguiram o mesmo procedimento da análise de vibração. Foram coletados nos pontos de maior atrito do equipamento, nos rolamentos dos eixos girantes do redutor e motor, demonstrado na figura 11, a temperatura ambiente na hora da medição ficou entre 26 graus.

Figura 11: Temperatura do equipamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os pontos indicados com a coloração em vermelho indicam a temperatura elevada do equipamento, e na parte amarela e azulada são os pontos que possuem menos calorias.

As alterações constatadas nos equipamentos 7 e 13 foram os aquecimentos provocados pelas falhas acima mencionadas na análise de vibração, acarretando um aumento de 1,2 graus de diferença do equipamento na temperatura de trabalho, uma das causas que podem ser citadas seria a vida útil do verniz no enrolamento do motor, e aumentado a temperatura do óleo do redutor que podem sofrer vazamentos pelos lábios do retentor, devido a viscosidade tendendo a diminuir com aumento de temperatura, na tabela 2 são demonstradas as relações das temperaturas presentes de todos os equipamentos coletados do setor.

Tabela 2: Temperatura da análise termográfica

| MÁQUINA | REDUTOR | MOTOR |
|---------|-------------------|-------------------|
| 1A | 49,5 ^o | 48,3 ^o |
| 1BC | 49,5 ^o | 48,2 ^o |
| 2A | 49,7 ^o | 48,6 ^o |
| 2BC | 49,5 ^o | 48,4 ^o |
| 3A | 49,8 ^o | 48,6 ^o |
| 3BC | 49,6 ^o | 48,4 ^o |
| 4A | 49,7 ^o | 48,5 ^o |
| 4BC | 49,8 ^o | 48,6 ^o |
| 5 | 49,8 ^o | 48,6 ^o |
| 6 | 49,6 ^o | 48,5 ^o |
| 7 | 50 ^o | 48,8 ^o |
| 8 | 49,8 ^o | 48,6 ^o |
| 9 | 49,4 ^o | 48,3 ^o |
| 10 | 49,6 ^o | 48,4 ^o |
| 11 | 49,5 ^o | 48,5 ^o |
| 12 | 49,6 ^o | 48,4 ^o |
| 13 | 50 ^o | 49,5 ^o |
| 14 | 49,7 ^o | 48,5 ^o |
| 15 | 49,8 ^o | 48,6 ^o |
| 16 | 49,7 ^o | 48,6 ^o |
| 17 | 49,6 ^o | 48,3 ^o |
| 18 | 49,8 ^o | 48,5 ^o |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Mesmo o equipamento apresentado falhas o aumento de temperatura não chega a sofrer alterações, mas vale ressaltar que quanto mais problemas o equipamento apresente o nível de temperatura tende a subir.

4.4 Análises dos resultados obtidos após a manutenção, 2ª medição

Foram analisados 18 equipamentos, entre esses equipamentos o redutor nº 13 apresentou falha no mancal que prende o eixo árvore, parafuso allen que prende o eixo como rolamento do mancal estava solto, acarretando o desgaste do eixo entre os dois pontos, forçando o redutor a trabalhar com cargas excessivas, nesse caso foi necessário a troca do eixo a verificação do rolamento e lubrificação.

No caso do redutor nº7 foi falta de lubrificação e desgaste da corrente provocado pelo desalinhamento da engrenagem do redutor com o eixo árvore foi o motivo do aumento da vibração constatado na medição, a manutenção corretiva neste caso foi a troca da corrente a verificação da engrenagem do redutor e eixo árvore, alinhamento.

Com as manutenções das máquinas realizadas foram refeitas as medições novamente, conforme mostra a tabela 3, nos redutores que apresentavam falhas.

Tabela 3: Segunda medição dos redutores

| Máquina | Motor A | Motor B | Redutor A | Redutor C | Velocidade (rms) mm/s | Classe I |
|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------------------|-----------|
| 7 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0.28 | excelente |
| 13 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 0,5 | 0.45 | |
| | | | | | 0.71 | |
| | | | | | 1.12 | bom |
| | | | | | 1.8 | |
| | | | | | 2.8 | ruim |
| | | | | | 4.5 | |
| | | | | | 7.1 | proibido |
| | | | | | 11.2 | |
| | | | | | 18 | |
| | | | | | 28 | |
| | | | | | 45 | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).


As condições dos equipamentos voltaram ao nível normal, a temperatura obtida na segunda medição não apresentou diferença devido a temperatura ambiente estar abaixo do medido anteriormente.

4.5 Sugestões para melhoria do processo de manutenção

Para que esse erro não ocorra deve ser feito controle de manutenção para os turnos manhã e tarde descrevendo as atividades e formular uma lista de verificação do equipamento, e protocolar uma solicitação de serviço para verificação do equipamento.

O controle de manutenção, mostrado na figura 12, quando realizado deve conter assinatura do responsável pela execução e a assinatura do responsável de vistoriar o serviço realizado, caso o colaborador ou operador venha a faltar, foi acrescentado um campo onde ele deve escrever o nome (substituto), e assinar no dia que executou o serviço.

Figura 12: Controle de manutenção

|  CONTROLE DE MANUTENÇÃO - MANHÃ/TARDE (SETOR DE ENROLAMENTO - ATIVIDADES) | | | MÊS/ANO: | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|------------|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Funcionário: | | | ou Substituto: | | | | | | | | | | | | | |
| ATIVIDADES | Máquina | Frequência | DIAS | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Verificação do alinhamento da engrenagem e mancal | 1 | Semanal | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Verificação do óleo no reservatório | 1 | Semanal | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Verificação da corrente do redutor e da engrenagem | 1 | Semanal | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. Lubrificação dos mancais abertos | 1 | 15 dias | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Verificação do bane da polia do medidor de velocidade | 1 | Semanal | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. Verificação de vazamento de vapor da máquina | 1 | Diária | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. Verificação dos bicos nebulizadores de água | 1 | Diária | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. Verificação cabo de segurança (parada de emergência) | 1 | Diária | | | | | | | | | | | | | | |
| Responsável pela execução | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Responsável verificação | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBS: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S = Sim N = Não | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Nesta lista estão os principais pontos de quebra da máquina aqui citada, os serviços diários ficaram as verificações de vazamento e segurança, enquanto as falhas que ocorreram nos equipamentos 7 e 13 ficaram com a verificação semanal, esses serviços não são realizados com essa periodicidade, essa é uma maneira de melhorar a qualidade da manutenção e verificação do equipamento.

Para a correção da falha de comunicação, foi elaborada uma solicitação de serviço, é uma ficha que deve ser preenchida e encaminhada ao encarregado de setor, após

Essas são as propostas para o melhoramento da manutenção para esses equipamentos, e podem ser aplicados em outros setores do processo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Objetivos propostos neste artigo foram concluídos com uma grande aprendizagem, com a inclusão das análises de vibração e análise termográfica, são possíveis descobrir falhas em equipamentos, pois somente com os equipamentos foi viável detectar as falhas ocorridas no redutor.

As constatações que foram notadas que análise sonora do equipamento não é possível detectar a falha pelo fator humano, pois o som emitido pelo componente é muito baixo, aliado com o som dos equipamentos em volta que estão em movimento, fica impossível de ser detectada.

Outro fator que levantamos com estudo foi o acompanhamento da manutenção devem ser verificadas por pessoas capacitadas, no papel as execuções das manutenções estão conforme o planejado, o fato real é que o acompanhamento não está sendo realizada corretamente. Foram levados em consideração são as falhas nos equipamentos nº 7,13, o colaborador na hora da lubrificação detectou a falha foi devidamente avisado ao auxiliar de manutenção que não tomou as devidas providências para que as falhas fossem corrigidas.

Neste caso a falta de comunicação ao encarregado de manutenção foi outro problema levantado nesta análise. Os reparos realizados nas máquinas foram realizados entre os intervalos de produção não afetando a produção. Para que essas falhas não ocorram novamente, foi proposto uma lista de verificação dos equipamentos e um cartão de solicitação de serviço, incluir a análise de vibração na manutenção preventiva.

Para estudos posteriores devem ser levantadas as análises de vibração com equipamentos mais modernos que trazem gráficos com maior precisão sobre as falhas ocorridas nos equipamentos acima mencionados neste artigo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **ABRAMAN**: A situação da manutenção no Brasil. 2013. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional> . Acesso em: 23 abr. 2017.

BERGAMO, V. F. **Confiabilidade básica e prática**. 1 ed. São Paulo: E. Blücher, 1997. 120p.

CUNHA, R. C. **Análise do estado de conservação de um redutor de velocidade através da técnica de partículas de desgaste no óleo lubrificante auxiliada pela análise de vibrações**. 2005. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005. Acesso em: 23 abr. 2017.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013. Disponível: <https://pt.scribd.com/document/346466679/Manutencao-TCC-2012-3-Mariana-pdf> . Acesso em: 22 abr. 2017.

DUTRA, Kaio. **Manutenção de Máquinas**: Fortaleza, 2014. Color. Disponível em: <https://kaiohdutra.files.wordpress.com/2012/10/aula-10-e-11-engrenagens.pdf> . Acesso em: 7 out. 2017.

ARAÚJO, Rodrigo. **Análise de falha aplicada a redutores de velocidade com perda de lubrificantes por vazamento**. 32p. MBA (Gestão Estratégica em Manutenção, Produção e Negócios). Rede Pitágoras de Ensino/ICAP- Instituto Superior de Tecnologia. São João Del Rei, Minas Gerais, 2011. Disponível em: http://icap.com.br/biblioteca/165350010212_Monografia_Rodrigo_Araujo.pdf . Acesso em: 7 out. 2017.

FLIR INSTRUMENTS. TERMOVISOR COMPACTO E40, E50 E E06. Disponível em: <http://termovisorbrasil.com.br/flir-e40-e50-e60.php> . Acesso em: 05 mar. 2017.

ICA - INTERNATIONAL COPPER ASSOCIATION. **Gestão de Ativos: Guia para aplicação da Norma ABNT NBR ISO 55001**. Chile, Las Condes, Santiago, p.10-84, 2015. Disponível em: http://procobre.org/media-center/pt-br/component/jdownloads/send/2-publicacoes/2-guia-para-aplicacao-da-norma-abnt-nbr-iso-001.html?option=com_jdownloads . Acesso em: 11 mar. 2018.

INSTRUTHERM MV650. **Manual de instruções**. Medidor de vibração tipo caneta, 2012.

KARDEC, A; NASCIF, J.A.; BARONI, T. **Gestão estratégica e técnicas preditivas**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 136p.

KARDEC, Alan. **Manutenção**: função estratégica. 4.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013. 268p.

KOTLER, P., **Marketing para o século XXI**: como criar, conquistar e dominar Mercados. Futura. São Paulo, 1999. 3p.

LAGO, Daniel Fabiano. **Manutenção preditiva de um redutor usando análise de vibrações e de partículas de desgaste**. 180p. Dissertação (Mestre de Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia – UNESP. Campus de Ilha Solteira, São Paulo, 2009. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94548/laqo_df_me_ilha.pdf?sequence=1 . Acesso em: 05 mar. 2017.

MAGNA K. Redutores e motorredutores de coroa e rosca sem fim. Disponível em: http://www.wegcestari.com.br/index.php/pt/magma-k/item/download/157_ae6102aa6d20785114a89bb31144127d. Acesso em 05 mar. 2017.

MALVTEC ACIONAMENTOS. Conhecendo os redutores-de-velocidade. Disponível em: <https://www.malvtec.com/single-post/2015/09/09/Conhecendo-os-Redutores-de-velocidade>. Acesso em: 23 abr. 2017.

MINIPA. Medidor de Vibração, MVA-300. Disponível em: <http://www.minipa.com.br/diversos/medidor-de-vibracao/187-mva-300> . Acesso em: 05 mar. 2017.

MIRSHAWKA, Victor. **Manutenção Preditiva** – Caminho para zero defeitos. Editora Makron Books do Brasil, São Paulo, 1991. 103p.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção**: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda., 2011. 228p.

SANTOS, VALDIR APARECIDO DOS. **Manual prático da manutenção industrial**. 4ª edição. Editora Ícone, São Paulo, 2013.

SKF Machine Condition Advisor. **CMAS 100-SL Monitoramento de máquinas, de forma simples**. Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.skf.com/binary/tcm:45-21545-16/index.html> . Acesso em: 11 mar. 2018.

SOUZA, S. S., LIMA, C.R.C. **Manutenção centrada em confiabilidade como ferramenta estratégica**. In: XXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2003. Disponível em: http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM285/Conte%FAdos/Complementos/Artigo%20MCC%20como%20ferram%20estrat%E9q%20ENEGEP2003_TR0109_1353.pdf . Acesso em: 01 mar. 2017.

VAZ, José Carlos. **Manutenção de sistemas produtivos: um estudo sobre a gestão da disponibilidade de equipamentos**. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção). USP, 2003. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-22062016-142336/pt-br.php>. Acesso em: 23 abr.2017.

WEG CESTARI. Redutores Magna K, 2016. Disponível em: <http://www.wegcestari.com.br/index.php/pt/produtos/redutores/magma-k/> . Acesso em: 29 abr. 2017.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva** – 2ª Ed. Nova Lima. FALCONI,2014. 309p.

CAPÍTULO III - PROJETO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE UM REDUTOR COM MONITORAMENTO DE ROTAÇÕES

Leandro Piccirilli¹

Marcos Bernardode Lima²

Paulo Broniera Junior³

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto de uma bancada didática para demonstração de sistemas de redutores de velocidade, com o monitoramento das rotações de entrada e de saída e, utilizando uma placa controladora (Arduino). Objetiva-se exemplificar aos acadêmicos seus principais componentes, funcionamento e dimensionamento. A aplicabilidade desses fundamentos é de grande importância para o desenvolvimento de máquinas e equipamentos dentro da indústria. A concepção do projeto é apresentada por meio de uma bancada didática em escala reduzida, e espera-se assim contribuir para sua futura construção, ampliando o entendimento a respeito da implantação e dimensionamento e gerenciamento de redutores.

Palavras-chave: Bancada didática. Redutor. Arduino.

PROJECT OF A DIDACTICAL BENCH OF A REDUCER

ABSTRACT

This work presents the development of the design of a didactic bench to demonstrate speed reducer systems, with the monitoring of the input and output rotations using a controller board (Arduino). It aims to exemplify to the academic its main components, operation and dimensioning. The applicability of these fundamentals is of great importance for the development of machines and equipment within the industry. The design of the project has been developed a small-scale didactic workbench, and it is hoped to contribute to its future construction, broadening the understanding regarding the implantation and dimensioning and management of reducers.

Key-words: Didactic bench. Reducer. Arduino.

¹ Graduando do curso de tecnologia em manutenção industrial da faculdade de tecnologia SENAI londrina leandro_pbt@hotmail.com

² Mestre em tecnologia. Docente da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina marcos.lima@pr.senai.br

³ Mestre em engenharia elétrica. Docente da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina Paulo.bronieira@sistemafiep.org.br

1 INTRODUÇÃO

A principal função de um redutor na indústria é reduzir a rotação de um acionador em relação ao motor, utilizando para tal seus principais componentes: eixo de entrada, eixo de saída, rolamentos, carcaça e engrenagens. A necessidade de elevar o torque de motores durante seu funcionamento faz com que o dimensionamento de redutores e seus componentes assumam importância em projetos de máquinas e equipamentos. Estudos teóricos relacionados ao cálculo e dimensionamento de redutores são fundamentos essenciais para o entendimento dessa área de conhecimento, ministrados em cursos voltados para a área mecânica e de manutenção.

Segundo Amorim (2006) bancada didática é ferramenta indispensável para ensino, levando em conta que os conceitos vistos apenas na sala de aula são muitas vezes insuficientes para o aprendizado. Partindo desse paradigma, o principal objetivo do trabalho é desenvolver um projeto de uma bancada didática de redutor, com a finalidade de ser utilizada como ferramenta de aprendizagem para complementação do ensino, de forma que o aluno compreenda as características físicas e mecânicas de um sistema de redutor. Será utilizado um microprocessador Arduino para monitorar e exibir as rotações de entrada e saída do equipamento.

Esse trabalho tem significativa importância na área de manutenção industrial, melhorando a compreensão acerca do funcionamento de redutores. Dessa maneira, espera-se contribuir para o processo de ensino e aprendizagem dos acadêmicos dos cursos relacionados com a área de manutenção industrial.

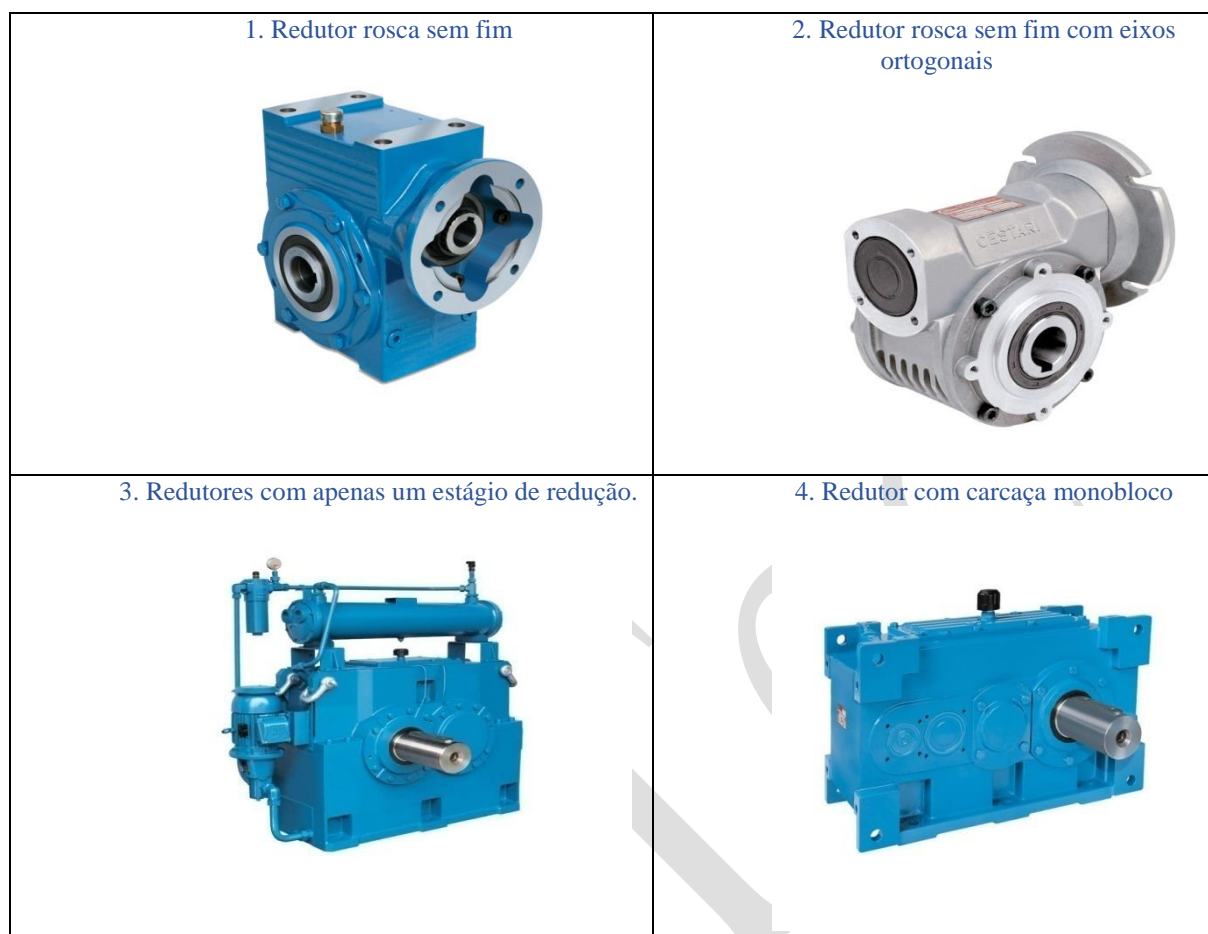
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REDUTORES DE VELOCIDADE

Segundo Santos (2013), redutores de velocidade são máquinas que utilizam basicamente engrenagens, como meio para redução de velocidade, resultando em aumento de sua potência, ou seja, força capaz de girar ou deslocar alguma coisa. Niemann (2011) afirma que existem vários tipos de redutores, por exemplo: redutores a rosca sem fim, redutores com eixos ortogonais, redutores com apenas um estágio de redução e redutores com carcaça monobloco (Figura 1). Entre suas diferentes características, a quantidade de engrenagens depende diretamente da potência da redução projetada em

sua construção, podendo ser de redução simples, redução dupla, redução tripla ou de redução quádrupla.

Figura 1: Tipos de Redutores

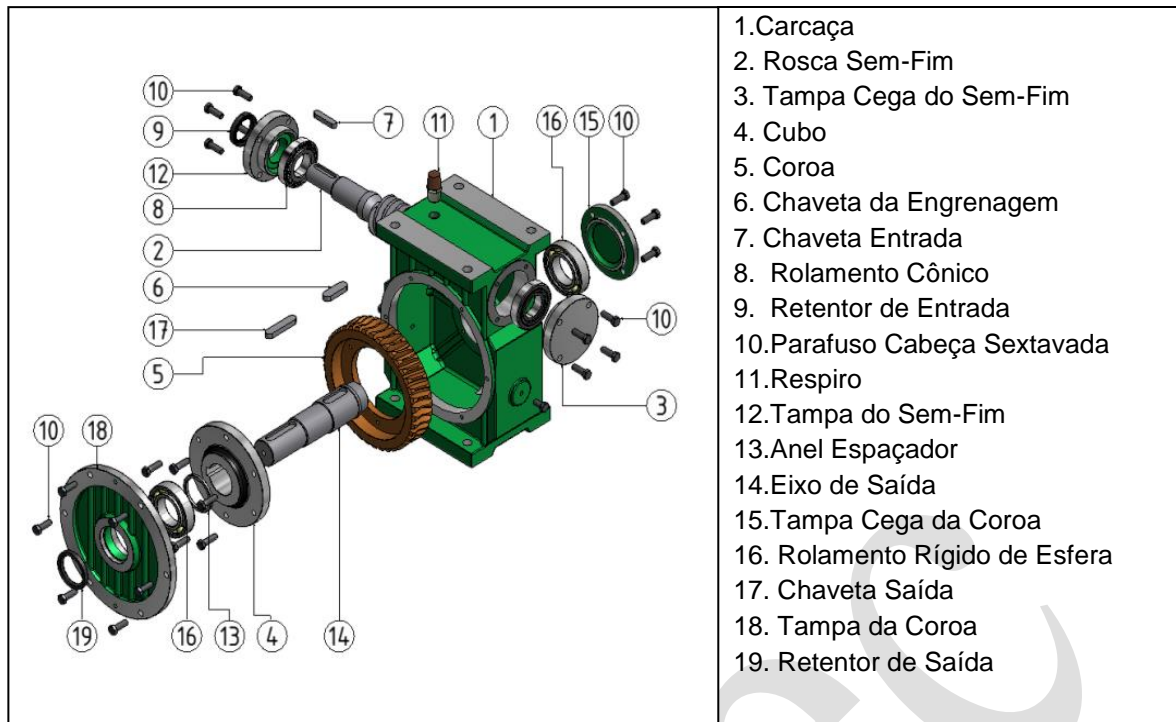


Fonte: Weg (2017)¹

De acordo com Santos (2013), os defeitos mais comuns para um redutor são: rolamentos danificados, retentores danificados, eixos tortos, eixos desgastados, lubrificação incorreta, engrenagens desgastadas, centro a centro incorretas, chavetas desgastadas, parafusos espanados e ajuste incorreto de alguns elementos como, rolamento e eixo, rolamento e caixa, engrenagem e eixo e acoplamento e eixo. A figura 2 mostra as principais partes internas de um redutor .

Figura 2: Redutor com Rosca sem Fim

¹Disponível em <http://www.wegcestari.com.br>



Fonte: Transmaq¹

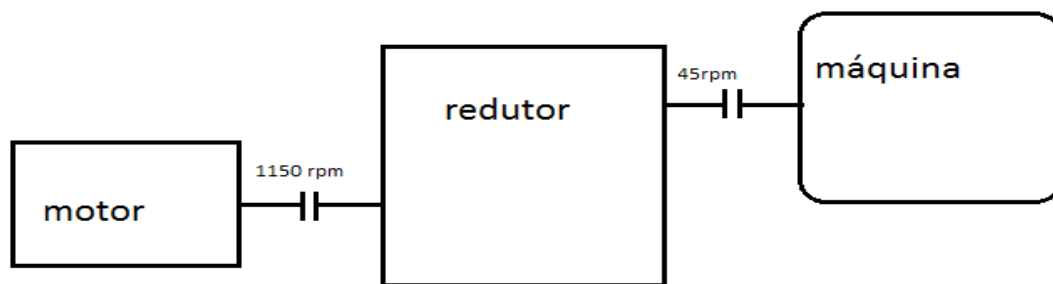
2.1.1 Dimensionamento

De acordo com Santos (2013) para dimensionar um redutor de velocidade deve-se levar em consideração alguns dados, dentre eles a potência mecânica na saída, a rotação de saída, tipo de máquina acionado, tempo diário de operação em horas, partidas, forças radiais e axiais, tipo de construção e potência de motor.

Para calcular a redução é simples, basta dividir as rotações por minuto (RPM) de entrada, pelo RPM de saída, essa diferença de rotação se dá pela relação entre o número de dentes do pinhão ou rosca sem fim dependendo do tipo de redutor e a coroa, ou seja quanto maior for a diferença no número de dentes menor será a rotação de saída em comparação com a rotação de entrada. Exemplo: a rotação de entrada de um redutor de velocidade é 1150 rpm e a rotação de saída é 45 rpm, basta fazer a divisão da rotação de entrada pela rotação de saída, ou seja $1150 \div 45 = 25,55$, então a relação é de: 1:25,55 como mostrado na figura 3.

Figura 3: dimensionamento

¹ Disponível em: WWW.Transmaq.com.br/linha-tr/ Acesso em 17/05/2018.



Fonte: Do autor

2.1.2 Rendimento

Para Norton (2010), a definição de rendimento por engrenagens é dada pela potência de saída em relação à potência de entrada, expressa em porcentagem. O rendimento das engrenagens de dentes retos varia de 98% a 99%. As engrenagens de dentes helicoidais devem ser montadas em conjuntos com rolamentos em seus eixos para que elas não se movimentem ao longo do seu eixo. Um conjunto de engrenagens de dentes helicoidais possui um rendimento de 96% a 98%.

2.1.3 Redução e Transmissão por Correias

De acordo com Marco (2013), correias são um meio de transmissão que tem como característica o funcionamento essencialmente por atrito, e podem ser utilizada tanto em pequenas distancias como em distancias maiores, quando a polia motora é menor que a polia movida ocorre a redução de velocidade. Na qual para se calcular a relação de redução deve-se utilizar o diametro da polia motora em relação a polia movida.

2.2 BANCADA DIDÁTICA

Segundo Pekelman e Mello (2004) os engenheiros devem ser capazes de aplicar a ciência e a tecnologia abordada nas faculdades à prática. Ou seja, para que isso aconteça às instituições de ensino devem proporcionar aos alunos a oportunidade de interagir, na prática, com os temas que estão sendo abordado de forma teórica. Os laboratórios das faculdades através das bancadas didáticas oferecem esse complemento ao aluno, para que possa desenvolver suas habilidades para o atendimento das necessidades reais, como é visto na prática. Além disso, esses laboratórios também podem servir como ferramenta para o treinamento da criatividade dos estudantes. Um ponto fundamental é a

segurança oferecida pelo equipamento, por se tratar de uma bancada didática que possui um motor e elementos mecânicos que podem causar ferimentos graves.

A figura 4 mostra três modelos de bancadas didática existente no mercado:

Figura 4: Modelos de bancadas existente no mercado



Fonte: Soma (2018)¹

2.3 ARDUINO

De acordo com Monk (2014), o Arduino é uma pequena placa de micro controlador que pode ser ligada a um computador via USB. Possui vários pinos de conexões digitais e analógicos que podem ser ligadas em circuitos externos como motores, relés, auto-falantes, diodos, laser, microfones, sensores luminosos etc. Para realizar a alimentação do Arduino pode se utilizar a própria alimentação fornecida. Pode ser energizado através de uma conexão USB a partir de um computador ou de uma bateria de 9v. Pode ser controlado diretamente de um computador ou podem primeiro ser programados através da linguagem C++ através de um computador e, a seguir desconectados para trabalharem de forma autônoma.

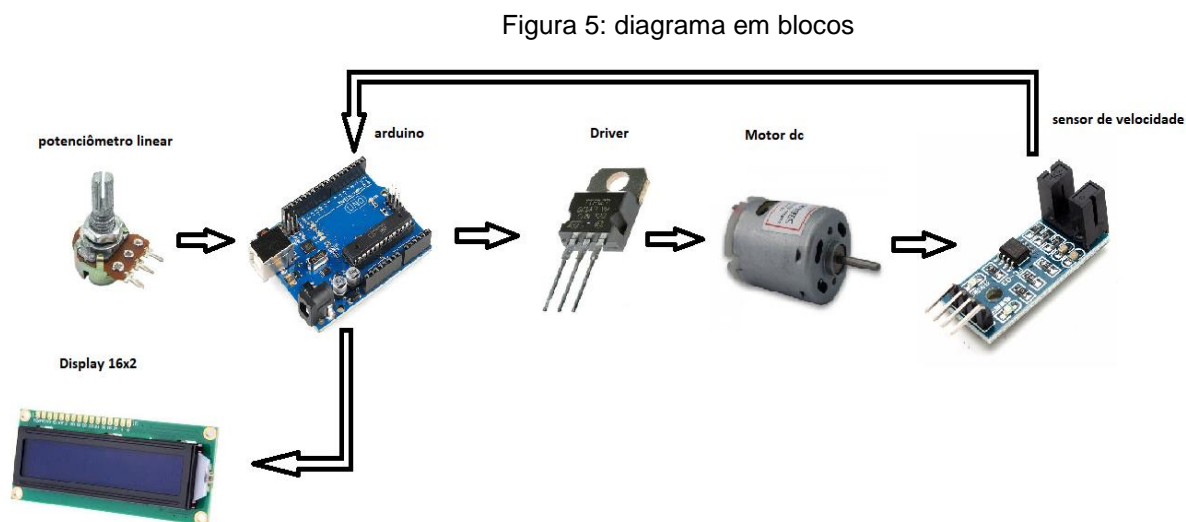
3. METODOLOGIA

Este projeto de pesquisa foi planejado e desenvolvido baseado em diferentes conhecimentos adquiridos durante o curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade Senai de Londrina. As principais referências utilizadas basearam-se em livros, artigos e websites que

¹ Disponível em <https://www.soma.eng.br>

abordam elementos de máquinas e tecnologia embarcada. Foram utilizadas as dependências do SENAI Londrina para desenvolver o programa do micro controlador responsável por fazer e entregar a leitura das rotações. Foi utilizado o software Arduino.

O trabalho trata-se do desenvolvimento de uma bancada didática, a figura 5 apresenta um diagrama em blocos do trabalho.



Fonte: do autor

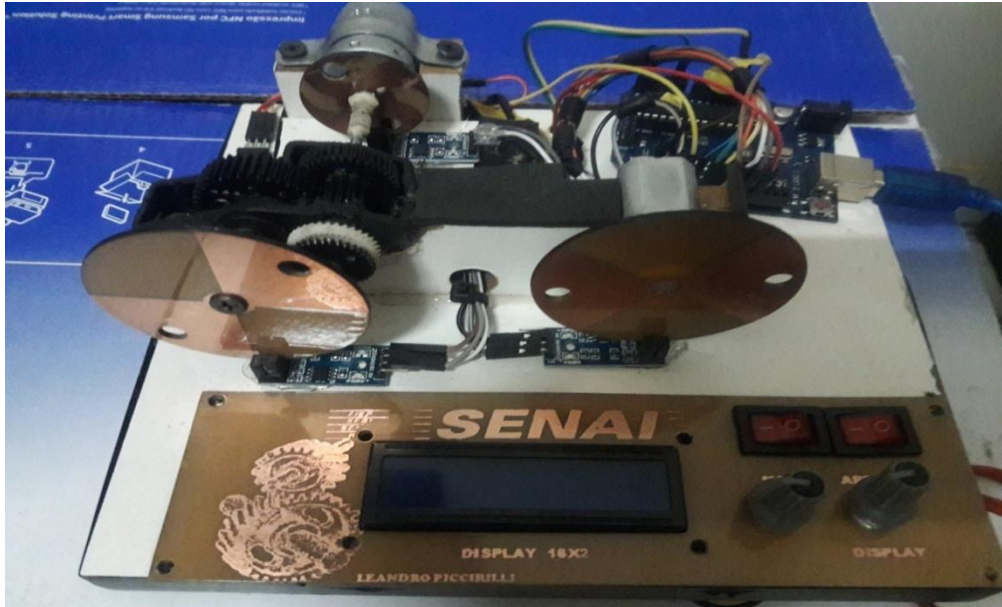
O motor é acionado por meio de uma frequência de um sinal PWM, o potenciômetro esta ligada no AD do Arduino que gera um PWM de 0% a 100% que controla a velocidade do motor de 0 a 100%, o *encoder* monitora essa velocidade e a envia para o Arduino, que por sua vez, envia os valores para o display para que possam ser visualizadas as rotações geradas durante o funcionamento da bancada.

O arduino escolhido foi o modelo uno r3, por ser um dos mais usados e ter um ótimo custo benefício, ele conta com 14 portas digitais e 6 portas analógicas que são mais que suficiente para o projeto, o TIP 122 (driver) é um transistor de alto ganho do tipo NPN que é usado pra amplificar o sinal pwm do arduino e entrega a tensão para o motor de acordo com a largura do pulso enviado pelo arduino, o micro motor usado é um micro motor 12volts que pode chegar a 6000 RPM sem carga a escolha foi por disponibilidade, o sensor de rotação usado foi o lm393 que funciona com contagem de pulsos para definir a rotação, o display usado é o 16x2 de LCD esse display tem 16 colunas e 2 linhas, com backlight (luz de fundo) azul e letras na cor branca.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Para validar a proposta apresentada neste trabalho, foi construída uma bancada em escala reduzida conforme apresentada pela figura 6.

Figura 6: bancada em escala reduzida



Fonte: Do autor

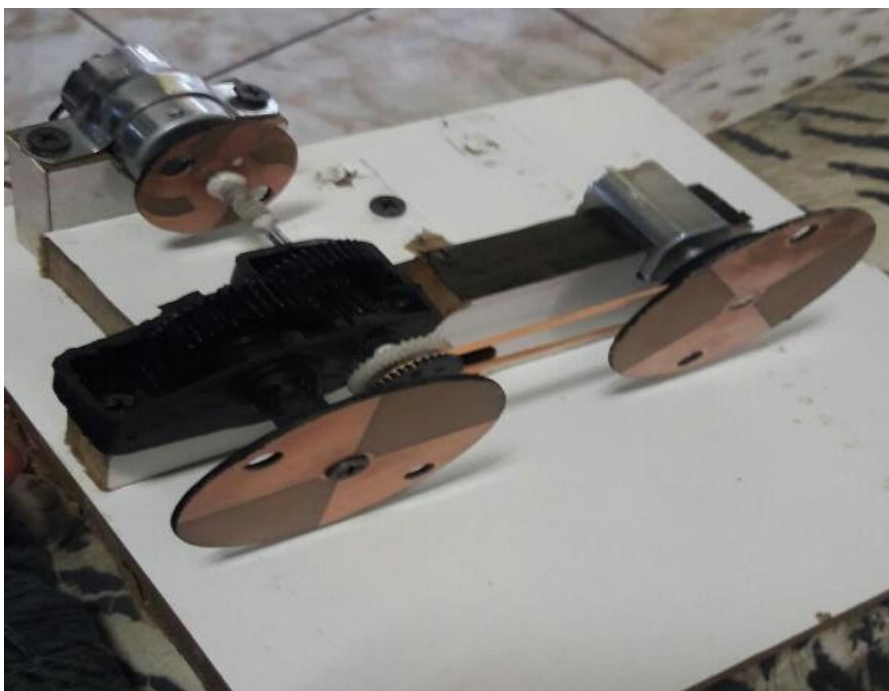
Para a construção da bancada em escala reduzida, foi utilizada uma base de madeira para acomodar os componentes como apresentado na figura 7. Foi utilizado um microprocessador Arduino Uno R3, na qual foi desenvolvida uma programação na linguagem C++ como mostrado no apêndice A, também foram usados três sensores encoder LM393 para monitorar as rotações, um display 16 x 2 para mostrar as rotações como mostrado na figura 8, um micro motor 12v, um TIP 122 ncomo driver, dois potenciômetros um de 1k sendo um para regular a intensidade da luminosidade do display e o outro para controlar a velocidade do motor, dois botões, um para ligar o Arduino e outro para ligar o motor.

Para a confecção dos discos que são utilizados para visualização das rotações, e a placa de acabamento do display, foi utilizada uma técnica de corrosão para placa de fenolite (placa de um material isolante normalmente fibra com uma lamina de cobre sobre ela), que é a mesma técnica utilizada para desenvolver circuitos impressos.

Essa técnica consiste em transferir uma imagem impressa por uma impressora a laser em um papel tipo fotográfico (utilizado para imprimir fotografias) para uma placa de fenolite, normalmente para fazer essa transferência é utilizado o ferro de passar roupa, que é pressionado contra o papel sobre a placa de fenolite para que a temperatura e a pressão

passa a imagem impressa no papel para placa de fenolite, a figura 9 mostra a placa de fenolite após receber a impressão, após essa etapa é feito a corrosão da película de cobre na placa, para essa etapa é utilizado o percloroeto de Ferro, que deverá corroer os locais da placa onde não há a existência de tinta, deixando apenas o cobre nos locais que existe a tinta.

Figura 7: Bancada em escala reduzida sem os componentes eletronicos



Fonte: do autor

Figura 8:display mostrando as rotações do motor e das dois discos de saida (S1 e S2)



Fonte: do autor

Figura 9: placa de fenolite após receber a transferencia da imagem



Fonte: do autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho aqui apresentado teve como objetivo o desenvolvimento de uma bancada didática com auxílio de tecnologia embarcada em escala reduzida; a tecnologia embarcada tem a missão de monitorar e mostrar as rotações geradas durante o funcionamento da bancada, tanto a rotação do motor quanto as rotações de saída do redutor por engrenagem e da redução por corrente.

Durante o desenvolvimento da bancada foi necessário a elaboração do programa em linguagem C++ que é a linguagem para programação do arduino, a partir desse trabalho de programação. É possível que um futuro pesquisador utilize essa programação para implementação em uma bancada didática que seja necessário o monitoramento de uma ou mais rotações, pois tanto a programação quanto os componentes utilizados podem ser utilizado em qualquer escala de maquinas.

Fica também como sugestão para trabalhos futuros a construção física da bancada didática de sistemas de redutor em escala real, na qual pode ser utilizado o programa solidworks para o desenho técnico, e como elementos para montagem levando em consideração os tipos de redutores mais utilizados e a disponibilidade atual na instituição e também os custos seguem sugestões dos materiais Para a montagem da bancada didática. Um motor elétrico de 0,5 cv - 4 pólos - 110/220V – WEG, um redutor Weg Cestari Magma com redução de 40-1, um acoplamento motor/redutor Medeflex MN de pequeno porte, para o monitoramento das rotações obtidas será utilizado um micro controlador

Arduino Uno r3, 3 sensores de velocidade lm393, tipo chave óptica e um display LCD 16x2 12c PCF8574.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. J. **Desenvolvimento de Bancada Didático-Experimental de Baixo Custo para Aplicações em Controle Ativo de Vibrações**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas 2006.

COLLINS, J. A. Projeto **Mecânico de Elementos de Máquinas: Uma Perspectiva de Prevenção de Falha**. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

MARCO, F. **Elementos de Máquinas II – Correias** (2013). Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfou0AD/correias-2?part=8>>. Acessado em: Abril 2013.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de maquinas**. 10. ed. Sao Paulo: Érica, 2012. 376 p.

MEVI ENGRENAGENS (São Paulo). **Manutenção de redutor de velocidade**. Disponível em: <<http://www.mevi.com.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

MONK, Simon. **30 projetos com Arduino: dados eletrônicos**. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2014

NIEMANN, Gustav. **Elementos de maquinas**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

NORTON, L. R. **Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada**. Trad. de João Batista de Aguiar et al. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2004.

PEKELMAN, H.; MELLO Jr. A.G.; **A importância dos laboratórios no ensino de Engenharia Mecânica**. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2004/artigos/01_219.pdf>. Acesso em: 25 Jun 2017.

RANGHETTI. **Catalogo de produtos**. Disponível em: <<http://www.ranghettiengrenagens.com.br>>. Acesso em: 24 jun. 2017.

REDUTORES, Weg. **Catalogo de redutores**. Disponível em: <<http://www.wegcestari.com.br>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

SANTOS, Valdir Aparecido dos. **Manual pratico da manutenção industrial**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 2013. 301 p.

APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR

```
*
*/

// Definicoes dos pinos
#define pinMotor 2
#define pinS1 4
#define pinS2 3
#define Periodo 1000 //periodo de amostragem em milissegundos

unsigned int rpmMotor = 0, rpmS1 = 0, rpmS2 = 0; //Numero de rotacoes
float rpmMotorPrint = 0, rpmS1Print = 0, rpmS2Print = 0; //Valor em RPM
boolean pMotor_ant, pMotor_atu, pS1_ant, pS1_atu, pS2_ant, pS2_atu;
//Variaveis pra controle de variacao de borda
unsigned long timeold; //Varivael pra contagem de tempo
int pot;

//Inclui a biblioteca do LCD
#include <LiquidCrystal.h>
//Define os pinos para inicializar o LCD
LiquidCrystal lcd(7, 8, 9, 10, 11, 12);

void setup()
{
    //Inicializa o LCD
    lcd.begin(16, 2);

    //Inicializa as portas
    pinMode(pinMotor, INPUT);
    pinMode(pinS1, INPUT);
    pinMode(pinS2, INPUT);

    //Inicializa a comunicacao serial
    Serial.begin(9600);

    //Inicializacao das variaveis
    timeold = 0;
    pMotor_ant = LOW;
    pMotor_atu = LOW;
```

```

    pS1_ant = LOW;
    pS1_atu = LOW;
    pS2_ant = LOW;
    pS2_atu = LOW;
}

void loop()
{
    pot= analogRead(A1)/4;
    analogWrite(6,pot);
    //Atualiza o nivel anterior das portas
    pMotor_ant = pMotor_atu;
    pS1_ant = pS1_atu;
    pS2_ant = pS2_atu;

    //Atualiza o nivel atual das portas
    pMotor_atu = digitalRead(pinMotor);
    pS1_atu = digitalRead(pinS1);
    pS2_atu = digitalRead(pinS2);

    // Contagem de rotacoes
    if(pMotor_ant == LOW && pMotor_atu == HIGH){
        rpmMotor = rpmMotor + 1;
    }
    if(pS1_ant == LOW && pS1_atu == HIGH){
        rpmS1 = rpmS1 + 1;
    }
    if(pS2_ant == LOW && pS2_atu == HIGH){
        rpmS2 = rpmS2 + 1;
    }

    //Calculo em rpm da rotacao a cada 1s
    if(millis()-timeold>Periodo){
        rpmMotorPrint = 30*rpmMotor*Periodo/(millis() - timeold);
        rpmS1Print = 30*rpmS1*Periodo/(millis() - timeold);
        rpmS2Print = 30*rpmS2*Periodo/(millis() - timeold);
        rpmMotor = 0;
        rpmS1 = 0;
        rpmS2 = 0;
        timeold = millis();
    }

    //Printa tudo no LCD e na terminal
    lcd.clear();
    lcd.print("MOTOR=");
    lcd.print((int)rpmMotorPrint);

```

CARCCAA

```
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("S1=");  
lcd.print((int)rpmS1Print);  
lcd.setCursor(8,1);  
lcd.print("S2=");  
lcd.print((int)rpmS2Print);  
Serial.print("MOTOR=");  
Serial.println((int)rpmMotorPrint);  
Serial.print("S1=");  
Serial.println((int)rpmS1Print);  
Serial.print("S2=");  
Serial.println((int)rpmS2Print);  
  
}
```

E-TEC

CAPÍTULO IV - PROPOSTA DE UM PROJETO DE UMA BANCADA DIDÁTICA UTILIZANDO A AUTOMAÇÃO PARA ANÁLISE DO PH DA ÁGUA, CORREÇÃO DA ACIDEZ, POR CONTROLE DE PROCESSO EM BATELADA

Rodney Yuiti Fukui¹

Wesley Candido da Silva²

Paulo Broniera Jr³

Marcos Bernardo de Lima⁴

RESUMO

Em meio a crescente exigência na qualidade de produtos industrializados é pertinente o conhecimento dos processos a serem controlados e manipulados dentro das indústrias, entre eles destacam-se, análise, correção e controle do potencial hidrogenionico (pH). Em meio a esta necessidade o presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma proposta de projeto de uma bancada didática automática para análise do pH da água e correção da acidez, por controle de processo em batelada. Esta proposta de projeto foi elaborada pelo método de esquemas técnicos de desenhos e diagramas conforme normas ISA 5.1 e para concretizar a proposta utilizou-se artifício de representação virtual autêntica do projeto através de software. É vale ressaltar ainda que este projeto de bancada didática é de grande relevância no contexto da educação, propicia aos educandos maior protagonismo em suas atividades experimentais nas disciplinas envolventes, proporcionando aos futuros profissionais uma percepção similar da realidade aplicada na indústria.

Palavras-chave: Projeto de uma Bancada Didática. Automação Controle Processo em Batelada. Análise do pH da Água.

¹ Graduado do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina E-mail: fukuierod@hotmail.com

² Especialista – Engenharia de Automação Industrial, da Faculdade de Tecnologia do Senai Santa Catarina E- mail: Wesley.candido@sistemafiep.org.br

³ Mestre em Engenharia Elétrica. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina E- mail: paulobrij@hotmail.com

⁴ Mestre em Tecnologia. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina E-mail:marcos.lima@pr.senai.br

PROPOSAL OF A PROJECT OF A DIDACTICAL BANK USING THE AUTOMATION FOR PH ANALYSIS OF WATER, CORRECTION OF ACIDITY, BY PROCESS CONTROL IN BATCH

ABSTRACT

In the midst of increasing demands on the quality of industrialized products, it is pertinent to know the processes to be controlled and manipulated within the industries, such as analysis, correction and pH control. In the midst of this need, the aim of this work was developing a proposal for the design of an automated didactic bench to analyze the hydrogen potential (pH) of the water and its acidity correction, by batch process control. This project proposal was elaborated by the method of technical schemes of drawings and diagrams according to ISA 5.1 standards. To materialize the proposal, it was used an authentic virtual representation device of the project through software. It is important to emphasize that this didactic project is very relevant in the context of education. It gives students a greater role in their experimental activities in the disciplines that involve processes, control and automation, providing future professionals with a similar perception of the reality applied in industry.

Key-words: Design of a Didactic Bench. Water pH Analysis. Automation Control Batch Process.

6. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento contemporâneo tecnológico no campo da automação destaca-se com grande potencial os princípios da indústria 4.0, este, proporciona através da internet das coisas (IoT) transmitir informações em tempo real das transações de manufatura e processo na cadeia produtiva, isto é, uma transmissão de dados entre o sistema físico e os sistema virtual ou vice-versa, proporcionando autonomia e flexibilidade nos processos (MENDES; SIEMON, CAMPOS, 2017).

Em razão da crescente demanda por produtos industrializados a automação está presente em diversos âmbitos industrial e à necessidade de obter medições precisas com grandezas físicas diversas é constante, e, vários sensores e ferramentas são usados para mensuração e controle no processo de automação (THOMAZINI; ALBURQUERQUE, 2007).

Dentre os processos a serem controlados na indústria se destacam o pH em diversos seguimentos tanto nas industrias petroquímica, alimentícia, orgânica,

saneamento, e retrata com primordialidade na geração de controle de qualidade da produção (RODRIGUES, 2010).

Para o controle de pH utiliza-se técnicas tais como, proporcional (P) este tipo de controle oscila para cima ou para baixo referente ao ponto de ajuste (*setpoint*), o integral (I) complementa a ação proporcional identifica e corrige o erro, porém, seu equilíbrio é vagaroso, derivativo (D) tem o propósito de antecipar e equilibrar o erro, e o conjunto desses controle de processo PID, são para um sistema que exige uma precisão nos resultados de forma confiável para chegar ao *setpoint* desejado com exatidão (SENAI, 2013).

Tais métodos empregados nas indústrias requer um conhecimento dos profissionais das suas aplicabilidades, que, muitas das vezes não é possível uma parada no andamento produtivo para sintonia. E diante desta demanda, este estudo propõe o desenvolvimento de um projeto do kit didático para o ensino de automação dedicado ao controle por malha fechada de pH. Desta forma propicia aos educandos maior protagonismo em suas atividades experimentais, assim sendo, permite também que as capacidades e habilidades de acordo com o perfil profissional do educando, sejam enfatizadas em conjunto com as aulas teóricas e tem-se a percepção simulada da realidade na indústria.

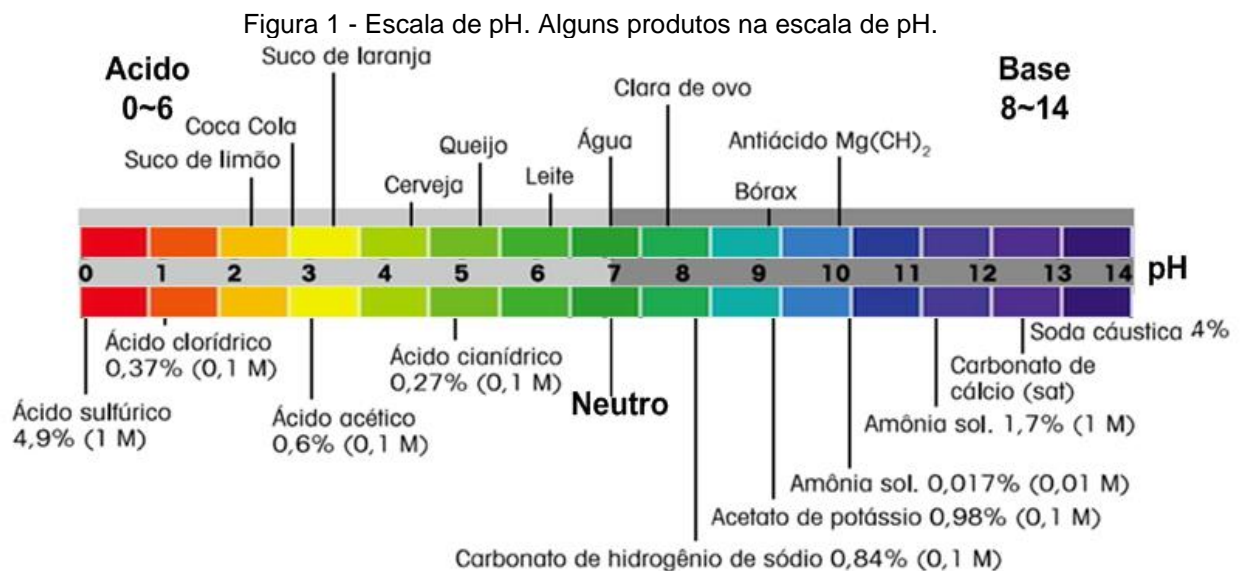
A automação de bancada didática utilizada neste projeto proposto, é para elevar o potencial hidrogenionico (pH) da água ácida por processo batelada, analisar e corrigir com auxílio de equipamentos de controle, controlador lógico programável (CLP), sensores, atuadores e dosar o produto gradativamente até que se atinja o parâmetro desejado de pH neutro ou alcalino.

O pH aceitável para que a água se torne potável é de 6,0 a 9,5 ou seja alcalina, esta limitação também está associada a prevenção de corrosão e degradação onde circula esta substância em tubulações no sistema (SABESP, 2018).

7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Potencial Hidrogenionico (pH)

O pH em uma escala de concentração de íons do hidrogênio, mostrada figura 1, inventado por Soren Peder Lauritz Sorensen. Sigla originária da lingua Alemã que “p” quer dizer potência e “H” símbolo do hidrogênio da tabela periódica (CUNHA, 2014).



Fonte: Adaptado pelo autor (2018) ^{1 2}

Segundo Mello (2014), é possível verificar o grau de acidez ou de alcalinidade de uma solução em uma escala de 0 a 14 conforme a tabela. Para Brena (2009), a equação do pH (equação 1):

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (1)$$

2.1.1 Neutralização do pH

Com a finalidade de neutralizar o pH quando a solução se encontra ácida em estação de tratamento de água (ETA), é aplicado o cal hidratado [Ca (OH)₂] ou seja, alterando a para neutro ou alcalino conforme necessidade (MACKENZIE; MASTEN 2016).

Segundo MINISTÉRIO DA SAÚDE (2011), sabe-se que em algumas localidades a água de mananciais subterrâneos ou superficiais pode apresentar pH fora da faixa recomendada, o que não significa que essa água seja imprópria para consumo humano. Por outro lado, é importante lembrar que o pH dentro dessa faixa previne os equipamentos utilizados quanto a corrosão e favorece uma melhor eficiência da desinfecção, [...], aconselha-se ajuste do pH.³

2.1.2 Corrosão

¹ METTLER TOLEDO. Medição de ph . Disponível em: < <https://www.mt.com/br/pt/home/library/guides/lab-analytical-instruments/pH-Theory-Guide.html> >. Acesso em: 13 abr. 2018

² VIDACINA. El ph de los alimentos . Disponível em: < : [https://vidacina.com/el-ph-de-los-alimentos/.](https://vidacina.com/el-ph-de-los-alimentos/) >. Acesso em: 13 abr. 2018

³ MINISTÉRIO DA SAÚDE. Perguntas e respostas sobre a PORTARIA MS N° 2.914/2011. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental/DSAST/SVS/MS Tiago Brito Magalhães, Mariely Helena Barbosa Daniel. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/setembro/30/PERGUNTAS-E-RESPOSTAS-SOBRE-A-PORTARIA-MS-N-2-914.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

Com base em Araújo (2005), a corrosão é deterioração por processo orgânico químico ou eletroquímico em materiais metálicos e não metálicos tanto o ferro, aço, plástico entre outros.

Em razão de vários produtos químicos da família dos não metais da tabela periódica, são lançados no ar em formas de fumaça ou gases em níveis consideráveis, por meio de automóveis e equipamentos automotores, movido à derivada de petróleo propagam-se pelo ar, estas reações químicas são convertidas em chuva ácida comprometendo [instalação](#), [máquina](#), [mecanismo](#) no processo de corrosão (NERY, 2013).

2.2 Automação Industrial

A automação propriamente dita, idealizado pelo engenheiro da montadora Ford Motor Company por volta de 1940. Até neste período utilizavam-se os relés para o comando e controle no setor industrial, que por sua vez, ocupavam muito espaço por serem robustos como mostra a figura 2, seus painéis e uma infinidade de fios nas linhas de montagem General Motors. Em fase de mudança para outros modelos as execuções de tarefas eram vagarosas por suas complexidades lógicas do setup (LAMB, 2015).

Figura 2 – Painél a relé



Fonte: Parede e Gomes (2011) ¹

No atual avanço da tecnologia são poucas as automações com equipamentos á relé, no entanto, sua aplicação em pequenas máquinas apresenta um custo baixo por ter um limite de atuador e transdutor (FRANCHI; CAMARGO A, 2013).

A automação são combinações de elementos mecânicos e eletrônicos com o objetivo de se controlar, monitorar e tomar descisões importantes por intermédio de sensores controlador atuador, representados em diagrama de bloco mostrado na figura 3 (ROSÁRIO 2009).

¹ PAREDE, Ismael Moura; GOMES, Luiz Eduardo Lemes. Automação Industrial: eletrônica. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011. 227 p.



Fonte: Adaptado pelo autor (2018) ^{1 2 3}

Sensor é um equipamento que faz a leitura física em sinais ópticos, elétrico, pressão, temperatura entre outros, geralmente instalado na entrada de um controlador lógico programável (CLP), e este, faz a conversão e processamento dos sinais e entrega na saída comumente originando em uma força mecânica dos atuadores, ou seja, é a conclusão dos valores relacionados com as entradas (ALCIATORE; HISTAND, 2014).

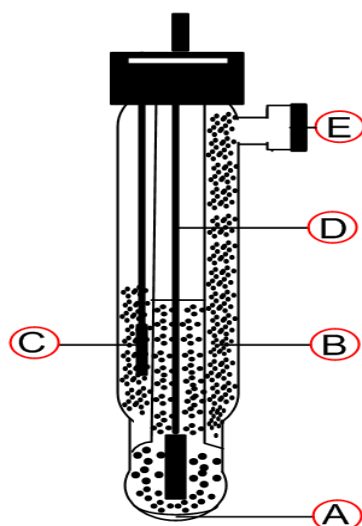
Para Ordonez, Edward; Penteado (2006), nos processos de automação de sistemas é aplicado sensores digitais (discreto, liga/desliga), ou seja, presença de um sinal ou a ausência. E sensores analógicos que possibilita um sinal de variação constante como é o caso do sensor de pH, este sensor segundo Oliveira; Fernandes (2017), constitui-se por eletrodo combinado como mostrado na figura 4 possuem um bulbo eletrodo de vidro e eletrodo referência, são mais usuais por ser compacto e fácil manuseio.

Figura 4 – Eletrodo combinado

¹ WEG. Sensores industriais: sensor indutivo. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Seguranca-de-Maquinas-e-Sensores-Industriais/Sensores-Industriais/Sensores-Indutivos/Sensores-Industriais---Sensores-Indutivos/p/MKT_WDC_BRAZIL_SENSORS_INDUCTIVE_SENSORS>. Acesso em: 21 jun. 2018.

² WEG. Controlador lógico programável. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automacao-e-Controle-Industrial/Controle-de-Processos/Controladores-Logicos-Programaveis/Controlador-Logico-Programavel-TPW04/Controlador-Logico-Programavel-TPW04/p/MKT_WDC_BRAZIL_PLC_TPW04>. Acesso em: 21 jun. 2018.

³ WEG. Soprador. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-Eltricos/Monofasico/Ventiladores/Movimentacao-de-Ar/Soprador/Soprador/p/MKT_WMO_BR_1PHASE_BLOWER>. Acesso em: 21 jun. 2018.



Fonte: Adaptado pelo autor (2018) ¹

No eletrodo de vidro é importante a calibração do eletrodo de referência com pH conhecido, ajuste do tampão à um valor constante, para então o bulbo sensor efetuar a comparação de potencial. É impossível sua medida direta na substância por existir uma discordância de potencial (THOMAZINI; ALBUQUERQUE; BRAGA, 2007).

Calibração para Senai (2015), é o ajuste de ferramentas e equipamentos em um parâmetro já conhecido e correlacionar este valor, aferindo o instrumento pertinente à medida ou amplitude desejada. No quadro 1 a seguir são mostradas as identificações de A~E do eletrodo combinado com as referências e características.

Quadro 1 – Característica de um sensor combinado de pH.

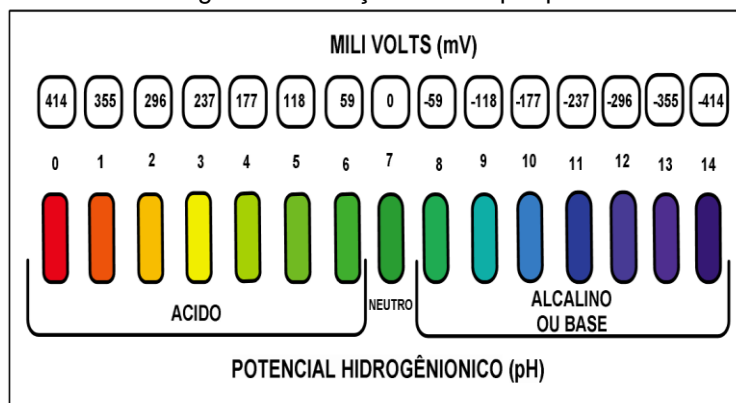
| Referência | Característica | Fonte |
|------------|---|--|
| A | Bulbo Sensor. | (THOMAZINI; ALBUQUERQUE; BRAGA, 2007). |
| B | Solução interna 3 Cloreto de Potássio (KCl). | |
| C | Elemento de referência. | |
| D | Haste de prata recoberta com cloreto de prata. | |
| E | Abertura lateral para aplicar a solução com pH conhecido para a calibração do eletrodo de referência. | |

Fonte: Adaptado pelo autor (2018)

Para Trevisan, Poppi (2006), sensor de pH ou sensor químico identifica concentração química em uma substância. Princípio de medição do pHmetro por imersão em substância são composto principalmente por dois eletrodos: medição e referência. Quando o eletrodo é submerso na amostra, ele produz milivolts que são transformados para uma escala de pH, figura 5 (RODRIGUES, 2010).

¹ THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Editora Erica, 2007. 224 p.

Figura 5 – Relação em mV por pH



Fonte: Adaptado pelo autor (2018) ^{1 2}

Segundo Alves (2010), na escala de Calibração a relação entre variação de mV com o pH onde:

$$\text{mV} = -59,15 \cdot \text{pH} + 414,10 \text{ mV} \quad (2)$$

$$\text{pH } 0,00 = 414,1 \text{ mV} \quad (3)$$

$$\text{pH } 7,00 = 0,0 \text{ mV} \quad (4)$$

$$\text{pH } 14,00 = -414,1 \quad (5)$$

2.2.1 Sistema de Controle

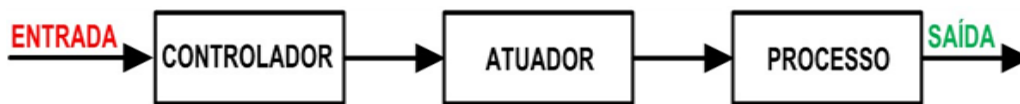
É a ação de refinamento, desenvolvimento em determinadas transformações diversas. Através do sistema de controle de processos pode-se monitorar e controlar suas variáveis dando assim um suporte confiável de variabilidade aumenta a eficácia para a característica de um produto em produção, conseqüentemente uma proteção no controle contra desvio subitido indesejavel que pode provocar mudanças de característica e especto na estrutura e nos produtos (FRANCHI, 2011).

Os sistemas de controle podem ser aplicados de duas maneiras distintas o de malha aberta e o de malha fechada, o primeiro ilustrado na figura 5, neste processo bem como muito utilizado, porém sem o ajuste da variável de entrada pela saída ou vice-versa, sem a necessidade de correção de perturbações, portanto não se monitora precisamente as condições da transformação do processo (COSTA, 2009).

Figura 5 – Diagrama de blocos de malha aberta

¹ Disponível em: <https://vidacina.com/el-ph-de-los-alimentos/>. Acesso em 13/04/2018.

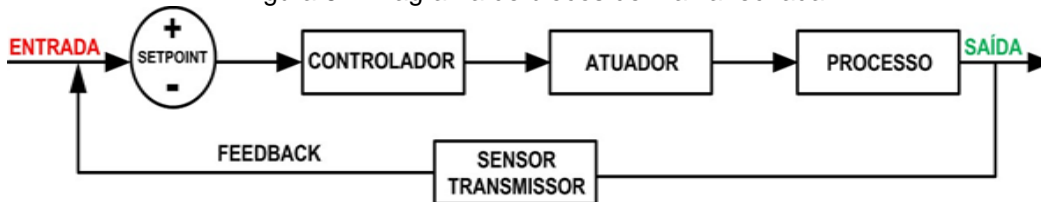
² ALVES, Nilton Pereira. Medição de pH e Íons: Conselho Regional de Química. 2010. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/sms/files/file/medicao_pH_ions_2010.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2018.



Fonte: Autor (2018)

Já o segundo que é o de malha fechada mostrado na figura 6, são ajuste refinado de suas operações.

Figura 6 – Diagrama de blocos de malha fechada



Fonte: Autor (2018)

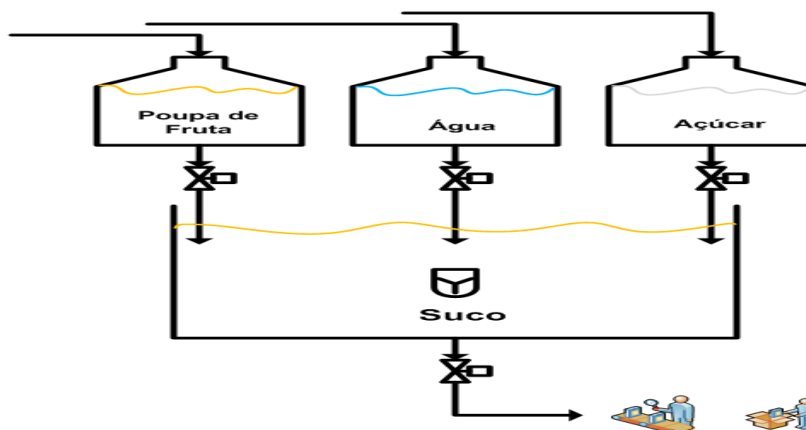
O emprego deste controle resulta em medição, computação, comparação, e correção do processo, ou seja, mensurar a saída monitorada pela entrada até que se chegue a uma concordância entre os indicadores e atuadores corrigindo as avarias. (DUNN, 2013).

2.2.2 Processos Batelada e processo contínuo

Em uma grande diversidade de produtos que uma indústria manipula, se tem o processo por batelada figura 7, quando se trata de mudanças de produtos para outro semelhante não a necessidade de grandes alterações em seu equipamento.

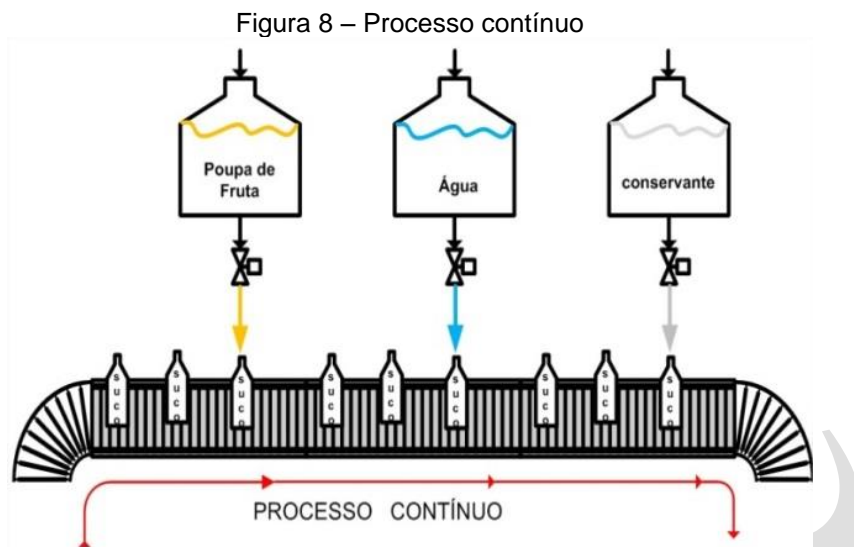
A sua manufatura determina quantidade de produto e não segue para outro estágio antes de completar a sequência em um tempo estipulado (FRANCHI, 2011).

Figura 7 – exemplo processo batelada



Fonte: Autor (2018)

Após o término de uma série, novamente é colocada uma quantidade de material e segue um novo ciclo (SENAI, 2013). Ou seja, tem-se uma pausa momentaneamente para a reposição de uma nova transferência, o que já não acontece com o método do processo contínuo mostrado na figura 8.

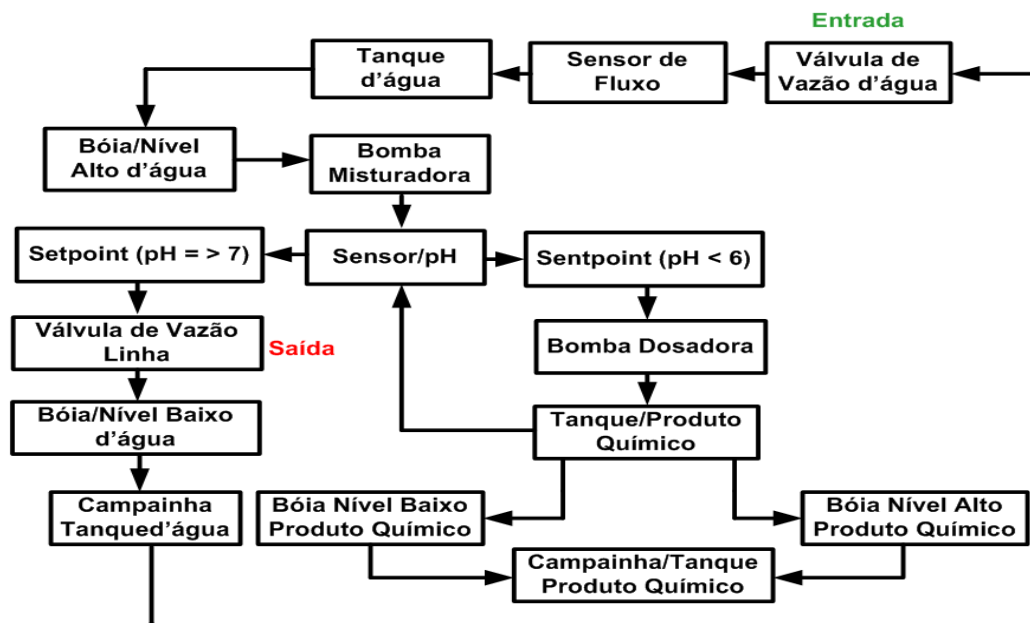


Este segue outra necessidade de produtividade segundo Duarte (2001), prossegue ininterruptamente dentro do sistema recebendo matéria prima durante o trajeto, geralmente baixa diversidades e alta produtividade, mas neste aspecto se tem um desafio de risco, caso haja uma anomalia ou pane no sistema compromete a produtividade da estrutura de um todo quando nela vinculado.

3. METODOLOGIA

Este trabalho retrata de um projeto de bancada didática para análise e correção do pH por processo batelada, envolvendo equipamentos de medição e controle como, CLP para controlar o processo, sensor de pH e bomba dosadora para mensurar a dosagem, a figura 9 é representada em forma simplificada em diagrama de blocos do projeto.

Figura 9 – Diagrama em bloco do projeto



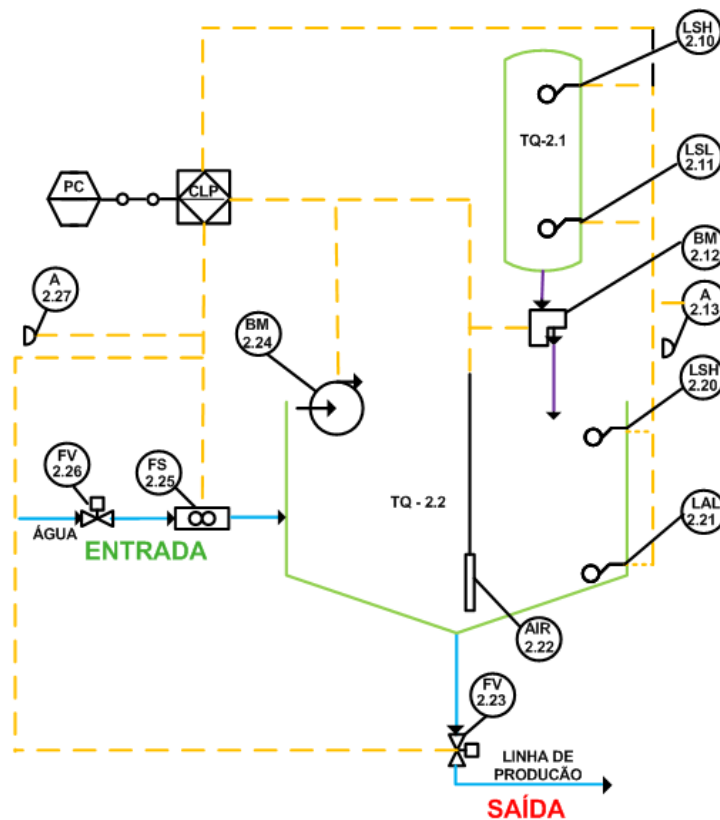
Fonte: Autor (2018)

A válvula de vazão d'água na entrada do sistema é aberta dando passagem ao líquido para o sensor de fluxo monitorar a vazão enviando sinais para o sistema, e quando atingida a superfície da bóia de nível alto do tanque d'água, simultaneamente a bomba misturadora começa agitar e o sensor de pH faz a leitura em sinais de mili voltz referente a escala de pH, caso o pH se encontre = ou > que 7, ou seja, neutro ou alcalino abre-se a válvula de vazão para a evacuação d'água, a bóia de nível baixo d'água indica que a água se evacuou totalmente para linha de saída, soando a campainha para iniciar novamente outra batelada. Na condição do pH < que 6 ácido, a bomba dosadora permite dosar gradualmente o produto químico permitindo que novamente o sensor de pH faça a leitura até que se atinja o pH desejado, neutro ou alcalino, e avança para a linha de saída, assim segue outra batelada.

Caso o tanque de produto químico se esvazie é detectado pela bóia de nível baixo e se aciona a campainha indicando a ocorrência pausando o sistema, assim também, é indicado quando se tem o tanque cheio pela bóia de nível alto soando a campainha para não exceder e transbordar o líquido.

Dando continuidade ao projeto foi desenvolvida uma planta de diagrama de processo e instrumentação (P&ID), na figura 10 mostrada a baixo, são referentes à proposta da bancada didática, aqui são ilustradas todos os elementos de comando, atuadores, ligações elétricas, tubulações e posicionamento na estrutura conforme a norma ISA 5.1 (SENAI 2016).

Figura 10 – Diagrama P&ID, proposta do projeto.



Fonte: autor (2018)

Esta planta didática todos os dispositivos e equipamento são de acesso ao operador, oferecendo autonomia para manutenção, manuseio dos procedimentos, e verificação nas atuações do processo de controle, o diagrama P&ID propicia a visualização geral das malhas, tags, elementos de conexões, que são apresentadas no quadro a seguir. Para um apoio na identificação dos instrumentos do projeto no diagrama P&ID, foi desenvolvido o quadro 1.

Quadro 1 – Identificação de equipamento no diagrama P&ID

| Instrumentos | Identificação da Malha de Controle | Nomenclatura Identificação Funcional (TAG) | TAG Tradução | Identificação de localização | Local de instalação |
|----------------|------------------------------------|--|----------------------|------------------------------|---------------------|
| Tanque Produto | 2.1 | TQ | Tanque | ○ | Monta do/campo |
| Tanque D'água | 2.2 | TQ | Tanque | ○ | Monta do/campo |
| Bóia/baixo | 2.10 | LSL | Chave de nível baixo | ○ | Monta do/campo |
| Bóia/alto | 2.11 | LSH | Chave de nível alto | ○ | Monta do/campo |
| Bomba/Dosadora | 2.12 | BM | Bomba | ○ | Monta do/campo |
| Bóia/baixo | 2.20 | LSL | Chave de nível baixo | ○ | Monta do/campo |
| Bóia/alto | 2.21 | LSH | Chave de nível alto | ○ | Monta do/campo |

| | | | | | |
|--------------------------------|------|-----|--|---|--|
| Sensor/PH | 2.22 | Air | Registrador indicador de condutividade | ○ | Montado/campo |
| Válvula/Vazão | 2.23 | FV | Válvula de vazão | ○ | Montado/campo |
| Bomba/Rotativa | 2.24 | BM | Bomba | ○ | Montado/campo |
| Sensor/Fluxo | 2.25 | FS | Chave de vazão | ○ | Montado/campo |
| Válvula/Vazão | 2.26 | FV | Válvula de vazão | ○ | Montado campo |
| Alarme/TQ 2.1 | 2.13 | A | Alarme | ○ | Montado campo |
| Alarme/TQ 2.2 | 2.27 | A | Alarme | ○ | Montado campo |
| Controlador Lógico Programável | X | CLP | Controlador Lógico Programável | | Localizado no painel acessível ao operador |
| Persona Computer | X | PC | Computador Pessoal | | Localizado no painel acessível ao operador |
| | X | X | Ligação por software | X | X |
| ----- | X | X | Sinal elétrico | X | X |

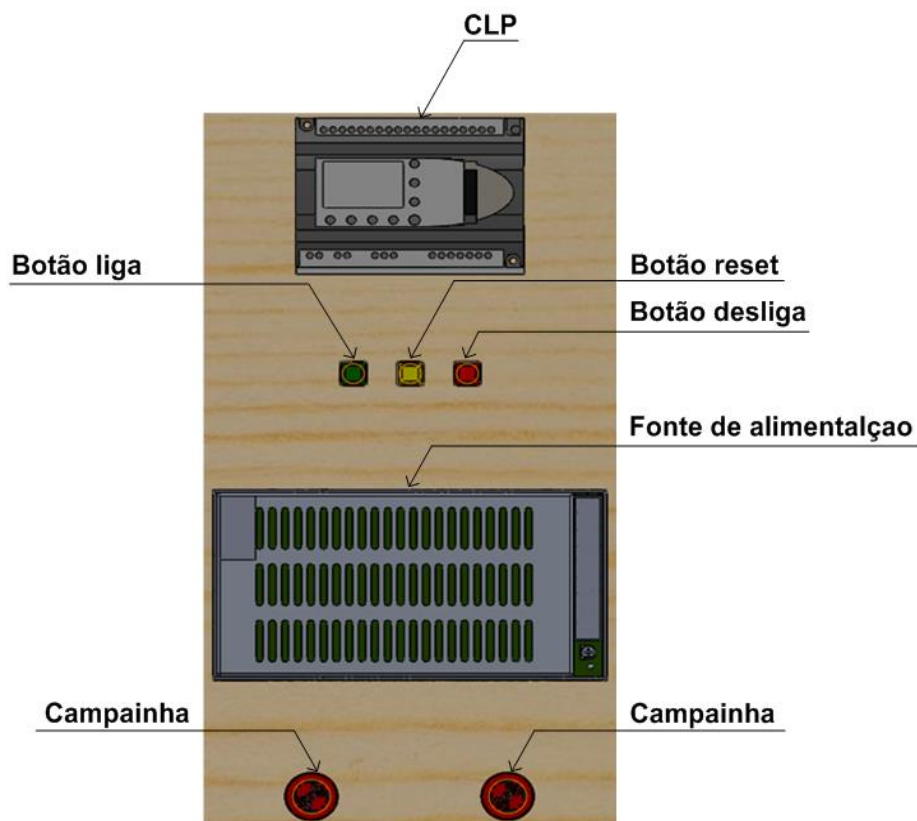
Fonte: Autor (2018)

O quadro 1 representa indicações de malhas de controle, nomenclaturas, TAGs com as traduções dos elementos, identificação de localização no qual os instrumentos estão instalados na planta P&ID e com as simbologias de cabos elétricos.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para validar a proposta do trabalho foi utilizado o software solidworks para o desenvolvimento da representação virtual autêntica do projeto, constituída em três partes. A primeira parte figura 15, é referente ao painel de conexão elétrica formada por sete dispositivos exibida a seguir.

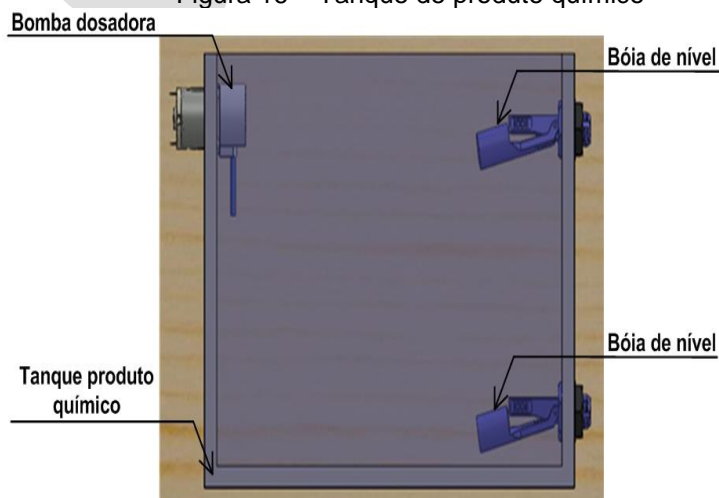
Figura 15 – Painel de conexão elétrica



Fonte: Autor (2018)

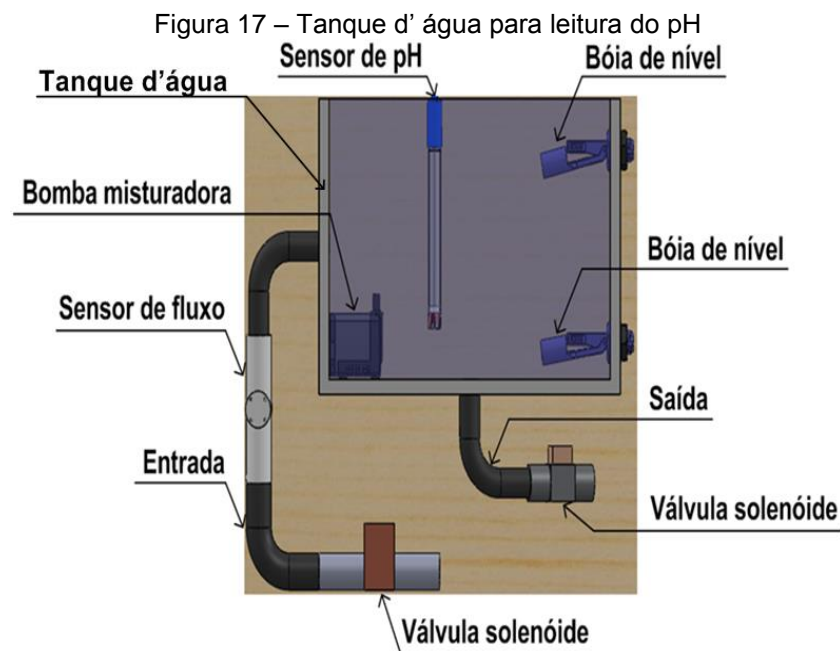
O painel de conexão elétrica do projeto proposto é constituído por botão liga para inicializar o sistema, botão reset para reiniciar o sistema, botão desliga para a interrupção do processo, CLP para os processamentos de dados e controle do processo, fonte de alimentação para conversão de corrente alternada para corrente contínua (AC/DC) conectado no CLP e as campainhas para o aviso de imprevisto que possa ocorrer durante o processo. Na segunda parte do desenho representa o tanque de produto químico que são compostos por quatro elementos mostrados na figura 16.

Figura 16 – Tanque de produto químico



Fonte: Autor (2018)

Este recipiente é representada por tanque de produto químico para a acomodação da substância, bomba dosadora para injetar o produto de forma controlada pelo CLP, bóia superior de nível para a indicação de recipiente alimentado da solução, bóia inferior de nível para indicá-la a falta do produto no recipiente. A terceira e última parte do projeto proposto é integrada por dez equipamentos definidas na figura 17, tanque d'água para leitura do pH.



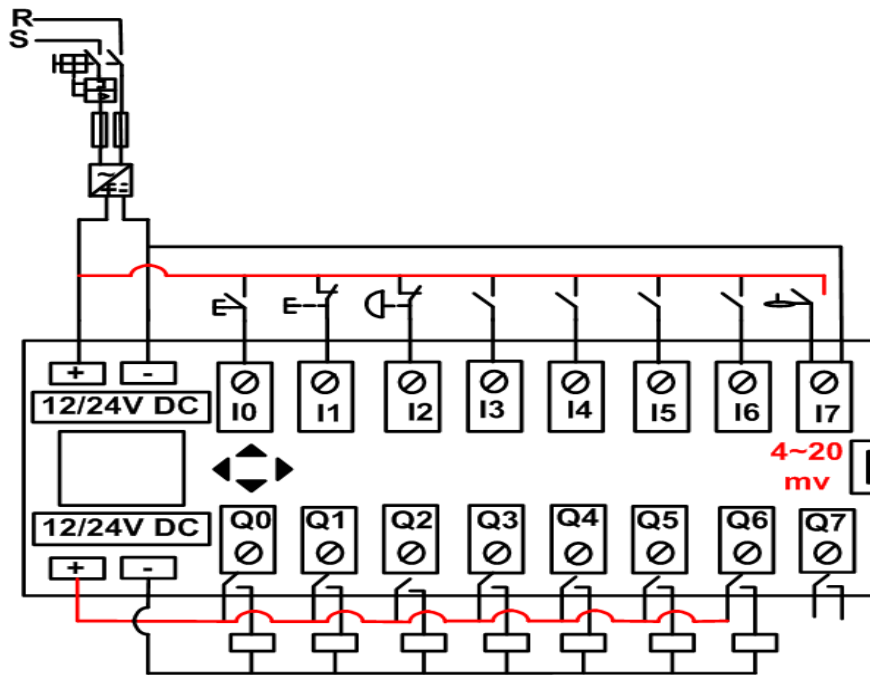
Fonte: Autor (2018)

A terceira parte do projeto são definidas por tanque d'água, sensor de pH para a leitura do meio aquoso, bóia superior de nível para sinalizar se o reservatório se encontra cheio, bóia inferior de nível para apontar as condições de recipiente vazio, bomba misturadora para a homogeneização d'água, válvula solenóide ou de vazão de saída para o escoamento do liquido no padrão adquirido, válvula solenóide ou de vazão acesso à entrada d'água para nova batelada, sensor de fluxo este mede o volume a ser depositado.

4.1 Diagrama elétrico

O diagrama elétrico mostrado na figura 18 traz informações do projeto proposto e retrata das conexões e instalação elétrica dos componentes em um CLP convencional como: disjuntor, fusível, transformador de tensão AC/DC, botoeiras e sensores.

Figura 18 – Diagrama elétrico do CLP



Fonte: Autor (2018)

Dando sequencia em proporcionar uma identificação com claresa o quadro 4 fornece uma visualização classificadas em cores dos dispositivos no CLP, relacionada com suas input e output em inglês, entradas e saídas ou tecnicamente I/Os. Nas entradas são utilizadas sete digitais e uma analógica e as saídas sete saídas todas digitais.

Quadro 2 – Componente a ser conectado ao CLP do projeto

| Relações de instrumentos/entradas e saídas I/O | | | | | |
|--|----|-------------------|---------------|--------------------------|-----------------|
| Entrada digital | IN | Entrada analógica | Saída digital | OUT | Saída analógica |
| Botão liga | I0 | Sensor de pH | I7 | Bomba dosadora | Q0 |
| Botão reset | I1 | | | Válvula solenóide/in | Q1 |
| Botão de desliga | I2 | | | Bomba rotativa/mistura | Q2 |
| Bóia de nível alto/produto | I3 | | | Sensor de fluxo | Q3 |
| Bóia de nível baixo/produto | I4 | | | Válvula solenóide/out | Q4 |
| Bóia de nível água /alto | I5 | | | Campainha/tanque/produto | Q5 |
| Bóia de nível água /baixo | I6 | | | Campainha/tanque/água | Q6 |

Fonte: Autor (2018)

O quadro 2 são informações relacionadas ao endereçamento dos componentes pertinente a entradas e saídas das conexões nas interfaces do CLP.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu pesquisar e elaborar um sucinto projeto que foi representado por desenhos técnicos e diagramas conforme normas estabelecidas, assim a proposta da bancada didática foi atingida e finalizada, os resultados conforme figura representada no protótipo do projeto.

Com os resultados obtidos no presente projeto, sugere-se para trabalhos futuros a confecção da bancada e escolha do controlador lógico programável e conseqüentemente a programação lógica a ser aplicados, dimensionamentos dos equipamentos e com sistema supervisorio poderá contribuir na melhoria da bancada.

REFERÊNCIAS

- ALCIATORE, David G.; HISTAND, Michael B. **Mecatrônica e o sistema de medições**. 4. ed. Porto Alegre: Verônica de Abreu Amaral, 2014. 456 p.
- ALVES, Nilton Pereira. **Medição de pH e Íons**: Conselho Regional de Química. 2010. Disponível em: <https://www.crq4.org.br/sms/files/file/medicao_pH_ions_2010.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2018.
- ARAÚJO, Giovanni Moraes De. **Segurança na armazenagem, manuseio e transporte de produtos perigosos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Editora e Livraria Vertual, 2005. 948 p.
- BRENA, Nilson Antonio. **Uma chuva ácida e os seus efeitos sobre as florestas**. 2. ed. São Paulo: Nilson Brena Ebook, 2009. 208 p.
- COSTA, Eduard Montgomery Meira. **Controle analógico: teoria e prática**. Santa Catarina: Clube de Autores, 2009. 256p.
- CUNHA, Carlos Leonardo Figueiredo. **Interpretação de exame laboratorial na prática do enfermeiro**. Rio de Janeiro: Rubio Ltda, 2014. 172 p.
- DUNN, William C.. **Fundamentos de instrumentação industrial e controle de processos**. Minas Gerais: Bookman Editora, 2013. 336 p.
- FRANCHI, Claiton Moro. **Controle de Processos Industriais Princípio e Aplicações**. São Paulo: Érica Ltda, 2011. 256 p.
- FRANCHI, Claiton Mouro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controlador logico programável sistema discreto**. São Paulo: Érica Ltda, 2013. 352 p.
- LAMB, Frank. **Automação Industrial: Controle e processo industriais**. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda, 2015. 376 p.
- MACKENZIE, Davis L.; MASTEN, Susan J.; WEAVER, Gabriela C. **Engenharia Ambiental**. 3. ed. Porto Alegre: Denise Weber Nowaczyk, 2016. 872 p.

MELLO, Hugo José Nogueira Pedroza Dias. **Sensores químicos com transdução microeletrônica e ótica utilizando polianilina nanoestruturada**. 2014. 110 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Física Aplicada à Medicina e Biologia, Universidade de São Paulo Ffclrp, Ribeirão Preto, 2014.

MENDES, Cleiton Rodrigues; SIEMON, Franz Biondi; CAMPOS, Milena Monteagudo.

Estudo de caso da indústria 4.0 aplicados em uma empresa

automobilística. ResearchGate, [S.L], nov. 2017. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/321152959_ESTUDOS_DE_CASO_DA_INDUSTRIA_40_APLICADOS_EM_UMA_EMPRESA_AUTOMOBILISTICA>. Acesso em: 07 jun. 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Perguntas e respostas sobre a PORTARIA MS N°**

2.914/2011. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental/DSAST/SVS/MS Tiago Brito Magalhães, Mariely Helena Barbosa Daniel. Disponível em:

<<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/setembro/30/PERGUNTAS-E-RESPOSTAS-SOBRE-A-PORTARIA-MS-N-2-914.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

METTLER TOLEDO. **Medição de pH**. Disponível em: <

<https://www.mt.com/br/pt/home/library/guides/lab-analytical-instruments/pH-Theory-Guide.html> >. Acesso em: 13 abr. 2018

NERY, Jonas Teixeira; CARFAN, Ana Claudia. **Glossário de termos técnicos em metrologia e climatologia**: Jundiaí São Paulo: Paco Editorial, 2013. 416 p.

OLIVEIRA, Rui; FERNANDES, Carlos. **Saneamento/pH**. Disponível em:

<<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/PH.html>>. Acesso em: 25 out. 2017.

ORDONEZ, Edward David Moreno; PENTEADO, Cesar Giacomini; SILVA, Alexander César Rodrigues da. **Microcontroladores e FPGAs: Aplicações em Automação**. São Paulo: Novatec, 2006. 378 p.

PAREDE, Ismael Moura; GOMES, Luiz Eduardo Lemes. **Automação Industrial: eletrônica**. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011. 227 p.

RODRIGUES, Tadeu. **Sensores de pH**. 2010. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfXcEAA/rodrigues-t-j-sensores-ph>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

ROSÁRIO, João Mauricio. **Automação Industrial**. São Paulo: Baraúna, 2009. 515 p.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de SÃO PAULO. **Qualidade da água**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=40>. Acessado em: 01 abr. 2018.

SENAI. Serviço Nacional De Aprendizagem Industrial. **Fundamentos de instrumentação**: Analítica, processos, industriais, válvulas. São Paulo: Senai-SP Editora, 2015. 428 p.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Sistema de instrumentação**: projetos. São Paulo: Senai - Sp, 2016. 176 p.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Técnica de controle**. Rio Grande do Sul: Senai, 2013. 170 p.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Editora Erica, 2007. 224 p.

TREVISAN, Marcrillo G.; POPPI, Ronei J.. **Química analítica de processos**. São Paulo: Scielo, 2006.

VIDACINA. **El ph de los alimentos** . Disponível em: < : <https://vidacina.com/el-ph-de-los-alimentos/>. >. Acesso em: 13 abr. 2018

WEG. Sensores industriais: **sensor indutivo**. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Seguranca-de-Maquinas-e-Sensores-Industriais/Sensores-Industriais/Sensores-Indutivos/Sensores-Industriais---Sensores-Indutivos/p/MKT_WDC_BRAZIL_SENSORS_INDUCTIVE_SENSORS>. Acesso em: 21 jun. 2018.

WEG. **Controlador lógico programável**. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automação-e-Controle-Industrial/Controle-de-Processos/Controladores-Lógicos-Programáveis/Controlador-Lógico-Programável-TPW04/Controlador-Lógico-Programável-TPW04/p/MKT_WDC_BRAZIL_PLC_TPW04>. Acesso em: 21 jun. 2018.

WEG. **Soprador**. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motores-Elétricos/Monofásico/Ventiladores/Movimentação-de-Ar/Soprador/Soprador/p/MKT_WMO_BR_1PHASE_BLOWER>. Acesso em: 21 jun. 2018.

