

E-TEC
Revista de
Tecnologia e
Ciência

EDIÇÃO
ESPECIAL
DIA DA INDÚSTRIA

EDITORA: FACULDADE DE TECNOLOGIA
SENAI LONDRINA

E-TEC Revista de Tecnologia e Ciência

Corpo Editorial

Editor Chefe da edição Especial - 2017
Edgard José Carbonell Menezes

Comitê Executivo

Marcelo Antônio Strik
Vicente de Lima Gongora
Rodolfo Alexandre Hildebrandt
Camila Fogaça de Oliveira


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 escrita da Editora Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. Este periódico publica nomes individuais, comerciais e marcas registradas e produtos pertencentes a diversas companhias. O Editor utiliza-se destes nomes somente para fins editoriais e em benefício dos proprietários dos nomes e marcas, sem intenção de atingir seus direitos. Observa-se ainda que os dados contidos nos artigos são de responsabilidade dos próprios autores.

Nesta edição

Prefácio.....	4
Introdução.....	5
Controle e automatização do processo de solubilização para limpeza de peças usinadas.....	6
Sistema de sensoriamento de quebra de papel em impressora offset.....	27
Automação residencial com dispositivos <i>Android™</i> por comunicação <i>Ethernet</i>	43
Estudo da corrosão em dutos de aço carbono e aço galvanizado em meios ácidos com e sem proteção.....	63
Bancada didática para análise de eficiência de selo mecânico e gaxeta.....	86



*25 de maio dia da indústria!
A Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina promove esta data e,
trabalha em busca do fortalecimento e capacitação de seus recursos
humanos, tornando-as mais inovadoras e produtivas*

Prefácio

A Revista e-tec SENAI Londrina é um periódico técnico-científico com publicação quadrimestral a partir de 2016, cujo objetivo principal é fomentar a pesquisa nas áreas de inovação, educação tecnológica, científica e de tecnologia industrial. Publicada eletronicamente, recebe artigos inéditos (teóricos ou teórico-empíricos) e resenhas de usuários de todo o Brasil e exterior, aceitando publicações em Português, Espanhol e Inglês.

A revista também entrevista pesquisadores e personalidades que apresentem contribuição relevante nas linhas de pesquisa da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.

Os artigos completos submetidos à revista, são avaliados inicialmente pelo comitê executivo e havendo enquadramento em nossas linhas de pesquisa são encaminhados aos avaliadores da área. O editor chefe de cada edição é nomeado pelo comitê executivo, que define o conselho editorial e os avaliadores pelos membros do comitê executivo. Os critérios para a composição do corpo editorial do periódico estão relacionados com os conceitos de excelência, seriedade e inovação que a Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina possui.

INTRODUÇÃO

Esta publicação tem caráter multidisciplinar e foi escrita com a intenção de ser utilizada pelos alunos dos cursos de graduação e pós-graduação da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina. Os diversos autores divulgam conceitos e experimentos aplicados na moderna indústria, muitas vezes os procedimentos mostrados são resultados de trabalhos experimentais ou aplicados efetivamente. O objetivo fundamental a ser alcançado, por esta publicação é: desenvolver suficiente habilidade, para entender e resolver questões semelhantes que possam aparecer durante o desenvolvimento de trabalhos, tanto durante o curso de graduação como em desafios profissionais. Utilizando-se, para tanto, como referência a metodologia e os procedimentos adotados pelos autores deste periódico. A publicação foi organizada e dividida em artigos, apresentando-se em cada um deles um resumo, que revela ao leitor as características fundamentais e o foco do trabalho desenvolvido, desta forma, o leitor verifica e avalia o grau de interesse e pode dar continuidade no entendimento da obra escrita. Salienta-se que, o roteiro em cada artigo, é o modelo padrão deste periódico, onde, o leitor se motivado pode submeter o seu trabalho para apreciação do corpo editorial deste periódico, através do email faculdade.londrina@pr.senai.br.

Boa leitura!

ARTIGO CONVIDADO: A INDÚSTRIA 4.0!

PAULO VILLIGER T. ROSA ¹

A INDÚSTRIA 4.0 SERÁ A PRODUÇÃO ALIADA ÀS MAIS MODERNAS TECNOLOGIAS DE AUTOMAÇÃO, INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO.

O QUE ESTÁ POR TRÁS DESTE DESENVOLVIMENTO É A CRESCENTE DIGITALIZAÇÃO DA ECONOMIA E DA SOCIEDADE ASSOCIADOS AOS CONCEITOS DE SUSTENTABILIDADE, QUE ESTÃO MUDANDO A FORMA COMO DEVEMOS PRODUZIR E TRABALHAR.

DEPOIS DAS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS COM A MÁQUINA A VAPOR, A EVOLUÇÃO PARA A LINHA DE MONTAGEM E DA UTILIZAÇÃO EM MASSA DE COMPONENTES ELETRÔNICOS PARA A PRODUÇÃO; AS CHAMADAS "FÁBRICAS INTELIGENTES" DETERMINAM, AGORA, A CHEGADA DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.

A BASE TÉCNICA DA INDÚSTRIA 4.0 SÃO:

OS SISTEMAS INTELIGENTES DE REDES DIGITAIS, UMA PRODUÇÃO AUTO ORGANIZADA E, A RASTREABILIDADE DE PRODUTOS.

ESTES PARÂMETROS POSSIBILITARÃO QUE PESSOAS, MÁQUINAS, EQUIPAMENTOS, LOGÍSTICA E PRODUTOS SE COMUNIQUEM E COOPEREM DIRETAMENTE.

OS PROCESSOS DE PRODUÇÃO E LOGÍSTICA, ENTRE EMPRESAS DE MESMOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO, PODERÃO SER INTERLIGADOS DE FORMA INTELIGENTE PARA TORNAR A PRODUÇÃO MAIS EFICIENTE E FLEXÍVEL.

ISSO PERMITIRÁ ÀS INDUSTRIAS CRIAREM CADEIAS DE ABASTECIMENTO INTELIGENTES, QUE CONTEMPLARÃO TODAS AS FASES DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO - DESDE A IDEIA INICIAL E O DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO ATÉ A PRODUÇÃO, A UTILIZAÇÃO, A MANUTENÇÃO E A RECICLAGEM AO FINAL DA VIDA ÚTIL.

DESTE MODO, UM PRODUTO QUE O CLIENTE DESEJA PODE SER DESENVOLVIDO DO INÍCIO AO FIM INCLUINDO A RECICLAGEM.

¹ Engenheiro Mecânico, pela Unicamp e consultor de aplicações e innovation drive da divisão didatic da Festo Brasil LTDA.

PORTANTO, AS EMPRESAS TERÃO MAIS FACILIDADE PARA PRODUZIR PRODUTOS CUSTOMIZADOS, DE ACORDO COM AS NECESSIDADES INDIVIDUAIS DO CLIENTE.

A PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO DE PRODUTOS CUSTOMIZADOS PODERÁ SE TORNAR O NOVO PADRÃO INDUSTRIAL.

POR OUTRO LADO, OS CUSTOS DE PRODUÇÃO INDIVIDUALIZADO DE PRODUÇÃO SERÃO REDUZIDOS, POIS AS EMPRESAS IRÃO TRABALHAR NUMA REDE QUE IRÁ OTIMIZAR NÃO APENAS UMA ETAPA DE PRODUÇÃO, MAS TODA A CADEIA DE VALOR. JUNTAMENTE COM A PRODUÇÃO EM MASSA, QUE CONTINUARÁ A SER MUITO IMPORTANTE, SÃO NECESSÁRIAS MUDANÇAS PARA QUE HAJA UMA EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL NO SENTIDO DA INDIVIDUALIZAÇÃO DOS PRODUTOS. É POR ISSO QUE AS INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO DEVERÃO SER MAIS FLEXÍVEIS.

A INDÚSTRIA 4.0 OFERECE NOVAS POSSIBILIDADES A ESTE RESPEITO, COMO A UTILIZAÇÃO DE COMPONENTES QUE FUNCIONAM DE MANEIRA INDEPENDENTE EM REDE DE DADOS INTELIGENTE, SE CONFIGURAM E SÃO CAPAZES DE SEREM MONTADOS E PRODUZIREM IMEDIATAMENTE (CONCEITO PLUG & PRODUCE).

AS LINHAS DE PRODUÇÃO DEVERÃO SER CAPAZES DE SATISFAZER AS EXIGÊNCIAS DE UM CONSTANTE CRESCIMENTO. COM TODAS AS INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS EM TEMPO REAL, UMA EMPRESA PODERÁ, POR EXEMPLO, RESPONDER RAPIDAMENTE À DISPONIBILIDADE DE CERTAS MATÉRIAS-PRIMAS.

PROCESSOS DE PRODUÇÃO PODERÃO SER CONTROLADOS EM QUALQUER PONTO DA EMPRESA, POUPANDO RECURSOS E ENERGIA. EM GERAL, A EFICIÊNCIA E A FLEXIBILIDADE DA PRODUÇÃO SERÃO AUMENTADAS, REFORÇANDO A COMPETITIVIDADE DA INDÚSTRIA.

PARA OS CONSUMIDORES AS VANTAGENS SERÃO INÚMERAS, UMA VEZ QUE SERÁ POSSÍVEL CUSTOMIZAR PRODUTOS E SERVIÇOS A UM CUSTO MENOR, TER UMA GARANTIA DE QUALIDADE E DE SUSTENTABILIDADE DOS PRODUTOS, MAIS ACESSO À TECNOLOGIA E DIVERSIDADE DE PRODUTOS.

A GRANDE MUDANÇA PARA O TRABALHADOR SERÁ A NECESSIDADE DE CAPACITAÇÃO NAS NOVAS TECNOLOGIAS E A ADAPTAÇÃO NA CONVIVÊNCIA ENTRE HOMENS E MÁQUINAS.

A HABILIDADE PARA LIDAR COM UMA GRANDE QUANTIDADE DE INFORMAÇÕES DE UMA FORMA INTUITIVA E HOLÍSTICA, SERÁ

BASTANTE IMPORTANTE, UMA VEZ QUE A INDÚSTRIA 4.0 FUNCIONA COM BASE EM REDE, EM QUE TODOS OS ELEMENTOS DE UM PROCESSO PRODUTIVO ESTARÃO CONECTADOS.

O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0 DEPENDE TAMBÉM DE PROFISSIONAIS QUALIFICADOS PARA DESENVOLVEREM E TRABALHAREM EM EQUIPAMENTOS E SISTEMAS QUE AINDA ESTÃO EM EVOLUÇÃO.

A CÚSTOMIZAÇÃO DE PRODUTOS ALIADA À PRODUÇÃO EM MASSA DEMANDARÁ QUE OS NOVOS TRABALHADORES SEJAM CAPAZES DE EXERCER FUNÇÕES QUE EXIGIRÃO TÉCNICA E CAPACIDADE DE RACIOCÍNIO RÁPIDO PARA SE ADAPTAR ÀS DIVERSAS NECESSIDADE DO PROCESSO.

AS NOVAS TECNOLOGIAS VÃO ALIVIAR OS FUNCIONÁRIOS DE DETERMINADOS PROCEDIMENTOS DE TRABALHO COMO A AQUISIÇÃO, AVALIAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE DADOS PARA O CONTROLE DE PROCESSOS.

OS COMPUTADORES PODEM FAZER ISSO MAIS RÁPIDO E MELHOR. EM CONTRAPARTIDA, OUTROS PROCEDIMENTOS DE TRABALHO SERÃO ADICIONADOS, POR EXEMPLO, A SUPERVISÃO DE UM NÚMERO MAIOR DE MÁQUINAS E PROCESSOS CONECTADOS EM REDES OU TRABALHAR EM COOPERAÇÃO COM ENGENHEIROS DE SOFTWARE E FUNCIONÁRIOS DE OUTRAS ÁREAS DAS REDES INTEGRADAS DE PRODUÇÃO.

ELES DEVERÃO SER ADEQUADAMENTE CAPACITADOS PARA ESTAS FUNÇÕES. NO ENTANTO, MUITOS DOS DESENVOLVIMENTOS FUTUROS AINDA NÃO SÃO PREVISÍVEIS.

AS EMPRESAS DEVEM PRIMEIRO DECIDIR COMO GOSTARIAM DE FAZER USO DAS NOVAS POSSIBILIDADES TÉCNICAS.

A INDÚSTRIA 4.0 AINDA VAI PASSAR POR DIFERENTES PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO NAS DIVERSAS EMPRESAS E SETORES PRODUTIVOS, COM EXIGÊNCIAS DIFERENTES DE SEUS FUNCIONÁRIOS. EM TODO CASO, A EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E OS PROGRAMA DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL TERÃO DE SER ADAPTADOS.

RECURSOS PARA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO E DISPONIBILIDADE DE TRABALHADORES QUALIFICADOS, SÃO MAIS CRUCIAIS DO QUE NUNCA PARA A VIABILIDADE FUTURA DE UMA EMPRESA E O CRESCIMENTO DA SUA PARTICIPAÇÃO NO MERCADO MUNDIAL.

O BRASIL DEVERÁ FAZER UM ESFORÇO ENORME PARA VENCER ESSES DESAFIOS, A INDÚSTRIA BRASILEIRA AINDA POSSUI PROCESSOS QUE REMETEM À PRIMEIRA REVOLUÇÃO

INDUSTRIAL, LONGE DO ESTÁGIO ATUAL DOS CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0.

FALTAM ORGANISMOS QUE REGULAMENTEM AS NORMAS NECESSÁRIAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0; FALTAM PESQUISAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PROCESSOS, FALTAM PROFISSIONAIS CAPACITADOS PARA UTILIZAR AS NOVAS TECNOLOGIAS E FALTA INFORMAÇÃO.

MUITAS PESSOAS, MESMO DENTRO DAS UNIVERSIDADES AINDA NÃO CONHECEM A INDÚSTRIA 4.0. NECESSITAMOS DIVULGAR, APRENDER, DISCUTIR E COMEÇAR A TRABALHAR COM ESSES CONCEITOS.

MUITAS EMPRESAS JÁ OFERECEM PRODUTOS QUE PODEM E SÃO APLICADOS EM FÁBRICAS INTELIGENTES PELO MUNDO AFORA, MAS ISSO NÃO SIGNIFICA QUE A UTILIZAÇÃO DESSES PRODUTOS DENTRO DE UMA INDÚSTRIA A TRANSFORME EM UMA FÁBRICA DIGITAL, É NECESSÁRIO QUE

O PROCESSO PRODUTIVO SEJA REPENSADO, QUE A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL SEJA ATUALIZADA, É NECESSÁRIO QUE AS FERRAMENTAS DA INDÚSTRIA 4.0 SEJAM APLICADAS, É NECESSÁRIO QUE A INFRAESTRUTURA DE LOGÍSTICA SEJA MODERNIZADA, É NECESSÁRIO QUE A SOCIEDADE SEJA ENGAJADA NESSE DESAFIO PARA QUE POSSAMOS IMPLEMENTAR ESSE MODELO NOS PRÓXIMOS ANOS.

AUTOR: PAULO VILLIGER T. ROSA

CONSULTOR DE APLICAÇÕES E INNOVATION DRIVE DA DIVISÃO DIDACTIC DA FESTO BRASIL LTDA. FORMADO EM ENGENHARIA MECÂNICA PELA UNICAMP E ATUANDO DESDE 1993 JUNTO DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO E ORGANIZAÇÕES INDUSTRIAIS, NA DIVULGAÇÃO DE TECNOLOGIAS E CONHECIMENTO TÉCNICO.

CONTROLE E AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLUBILIZAÇÃO PARA LIMPEZA DE PEÇAS USINADAS

DIEGO MONTEIRO¹
APARECIDO SERAPIÃO DOS SANTOS²

Resumo

O tema desse artigo é o controle e a automatização de uma máquina de solubilização de peças usinadas. Com o aumento da competitividade, as exigências por qualidade são crescentes, ampliando as características do produto que são observadas. Após os processos de usinagem, por exemplo, muitas vezes existe a necessidade de efetuar a limpeza do produto final, porém cada cliente exige um grau maior ou menor de limpeza conforme suas características e a sanidade do processo, que dependerá do produto e de sua aplicação. O objetivo do trabalho é apresentar uma melhoria de processo, automatizando um equipamento em uma metalúrgica para obter maior controle, tempo e qualidade das peças. A metodologia adotada foi a de um estudo e execução da automatização de um equipamento de solubilização, os resultados obtidos foram satisfatórios atendendo aos clientes e otimizando o processo.

Palavras-chave: Processo. Solubilização. Automação.

¹ Discente; Curso de Manutenção Industrial; Faculdade de Tecnologia SENAI em Londrina; diego_del-anhol@hotmail.com

² Especialista em Engenharia de Automação, docente Faculdade de Tecnologia SENAI - Londrina; aparecido.serapiao@pr.senai.br

1 INTRODUÇÃO

Nas indústrias existe a necessidade de melhoria de processos e busca pela melhor qualidade. Com isso as empresas se deparam com problemas durante a fabricação ou até mesmo expedição de seus produtos, onde entra o foco de estudo deste trabalho, a automação, que dentre tantas outras maneiras também pode ser definida como a utilização de equipamentos ou técnicas para melhorar sua eficiência e produtividade, onde os operadores são auxiliados com dispositivos provenientes do processo. Segundo Mamede (2002, p. 587) “Todo o sistema de automação segue um princípio comum, em que o gerenciador do processo é realimentado de informações resultantes da conclusão de cada tarefa [...]”.

Após a usinagem de peças existe uma necessidade de efetuar uma limpeza do produto final, porém cada cliente exige um grau maior ou menor de limpeza, que dependerá do produto e de sua aplicação.

O processo de limpeza de peças, não só está relacionado a aparência dos produtos, mas também à função de não contaminar as aplicações das peças, além de conter agentes antioxidantes para períodos de armazenamento.

Em uma metalúrgica, o processo atual de limpeza das peças funciona com a imersão de peças, e de forma manual realizada por uma pessoa que em utiliza um pulverizador com produto desengraxante e panos.

Porém existem peças que necessitam de maiores cuidados, por exemplo, o cárter de óleo de um veículo, que não pode apresentar impurezas já que sua aplicação exige um ótimo desempenho do óleo lubrificante, e através de processos manuais podem deixar passar pontos que não foram observados por uma pessoa, o que poderia causar algum dano em sua aplicação.

O estudo iniciou-se após a reclamação de um determinado cliente, quanto a existência de impurezas. Foi observado que o equipamento atual não disponibilizava controle automático do procedimento efetuado, causando uma não uniformidade nas peças, além de não possibilitar aquecimento do produto de limpeza, o que seria necessário para obter maior eficiência do soluto e efetuar a retirada de impurezas das peças. Portanto foi decidido obter melhorias no processo existente buscando benefícios como controle do processo, tempo de execução, confiabilidade, maior segurança e qualidade.

O processo automatizado tem como objetivo específico, melhorar um equipamento fora de uso do tipo túnel, temporizando cada operação, instalando jatos d'água, com produtos desengraxante e antioxidantes, em

temperaturas controladas com secagem e sopro pneumático, a fim de melhorar a qualidade do processo de limpeza das peças e assim atender as orientações e exigências dos clientes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para que haja compreensão do tema que será abordado neste artigo é necessário a definição de alguns tópicos, tais como automação, processos e os principais componentes eletromecânicos que serão aplicados no projeto. Portanto a seguir foram definidos os conceitos básicos que foram utilizados durante a execução do trabalho.

2.1 Automação

Automação dentre tantas outras maneiras também pode ser definida como utilização de equipamentos ou técnicas para melhorar sua eficiência e produtividade, onde os operadores são auxiliados com dispositivos provenientes do processo.

Todo o sistema de automação segue um princípio comum, em que o gerenciador do processo é reali-mentado de informações resultantes da conclusão de cada tarefa, de forma a redimensionar ou reorientar a etapa seguinte, com o objetivo de alcançar o resultado final mais próximo possível daquele para o qual o dispositivo foi instruído a executar através de informações codificadas. (MAMEDE Filho, 2002, p. 587)

A aplicação desta automação trará melhorias ao processo que vem sendo utilizado, para que a partir dessa melhoria seja possível facilitar o trabalho do operador, controlando os tempos para cada aplicação, além de aumentar a capacidade produtiva, garantindo assim um resultado mais eficiente na qualidade da limpeza das peças.

2.2 Processo de solubilização e usinagem

Segundo Chiaverine (2012, p. 193) “As peças metálicas fabricadas pelos processos metalúrgicos convencionais [...] geralmente apresentam superfícies mais ou menos grosseiras e que, portanto, exigem um determinado acabamento”.

A solubilização será aplicada após a usinagem de peças automotivas para retirada de pequenas impurezas remanescentes do processo. Estas peças são feitas de ferro fundido podendo ser nodular ou cinzento, o ferro fundido tem uma característica peculiar visível durante sua usinagem, que é a de cavacos no formato de farelo, como um pó fino, este pó acaba aderindo à peça caracterizando uma impureza que deve ser retirada antes do envio ao cliente.

No processo atual utilizado na empresa o equipamento funciona por imersão, ou seja, a peça é mergulhada no produto e elevada novamente, isto por um tempo contínuo de longos minutos sem nenhum tipo de controle, e em algumas peças se faz necessário efetuar a limpeza com pano e um borrifador com um líquido desengraxante e antioxidante.

Nos métodos utilizados para limpeza e preparação de superfícies, para uma película protetora anticorrosiva, podemos citar a solubilização.

Solubilização, ou seja, remoção das impurezas por meio de solventes, [...]. As Modalidades de sua aplicação levam aos processos de desengraxamento por vapor, desengraxamento associado por um jato de solvente, desengraxamento associado à imersão a quente e vapor e desengraxamento líquido-vapor. (Chiaverine, 1986, p. 270)

De acordo com Chiaverine (1986) a solubilização é um método que pode proporcionar uma grande eficiência na limpeza de peças, para remoção de impurezas e desengraxamento, associado à limpeza por imersão ou a um jato de solvente. É importante esclarecer que essa solubilização é necessária por que nos dois processos de limpeza, tanto no equipamento antigo quanto no equipamento que será automatizado as peças são limpas através desse processo.

2.3 Componentes Eletromecânicos

Para dar início ao projeto de automação do processo de limpeza de peças usinadas, foram definidas duas etapas que sequenciam o processo, limpeza através de jatos a quente e secagem das peças.

O equipamento é composto por uma carcaça de aço inox com um reservatório capaz de armazenar 1000 litros, uma esteira de malha de aço vazada, um moto redutor, duas bombas centrifugas e dois exaustores, que deverão ser revisados e acrescentados a um novo comando para ligação, novos métodos serão definidos para um controle mais eficaz desse processo

dando mais confiabilidade na execução. Abaixo estão descritos componentes que serão utilizados para melhoria e controle do processo de limpeza de peças.

- **Controle de temperatura:** É efetuada com controlador de temperatura atuando de forma proporcional (P), que segundo Natale (2008, p. 165) “[...] o controlador determina uma potência ON/OFF ao atuador, no entanto, no seu interior a potência resulta modulada”. A leitura será realizada pelo controlador, onde um atuador aquece e um sensor informa a temperatura ao controlador, que estará definida de acordo com a necessidade exigida pelo processo ou líquido a ser aquecido, que no caso em questão será entre 50°C a 60°C, além da leitura foi definido que o processo só poderia ser iniciado após a temperatura mínima ser atingida, ou seja, o controlador deverá liberar o comando.
- **Resistência:** Será utilizada uma resistência que foi instalada no reservatório de aço inox, com capacidade de 1000 litros com 90% de água dissolvendo 10% de um agente desengraxante e antioxidante. De acordo com Gussow (2009, p. 50) “Resistencia é a oposição ao fluxo da corrente [...]”. Esta oposição é transformada em calor, o que será utilizado para o aquecimento no processo a ser automatizado.
- **Sensor de temperatura:** O sensor é do tipo termopar que transmitirá uma variação de tensão. Segundo Alves (2013, p. 24) “Os termopares se baseiam na propriedade de que dois metais dissimilares unidos em uma junção, [...] geram uma força eletromotriz, de alguns milivolts”. Esta variação de tensão indicará a temperatura que se encontra o líquido.
- **Temporizador:** Os temporizadores também são utilizados para o controle, estipulando o tempo necessário para cada etapa. Segundo Natale (2008, p.113), “Trata-se de circuitos que para um pulso de entrada geram um pulso de saída de duração limitada ou com atraso”. Os temporizadores podem proporcionar no caso em questão maior uniformidade nas peças limpas.

- **Sensores indutivos:** Os sensores serão responsáveis para emitir sinais ao comando, iniciando a contagem do tempo para as etapas e indicando o final do processo. Segundo Thomazini (2010, pag. 40), “São dispositivos de proximidade sem contato que utilizam um campo de frequência de rádio com um oscilador e uma bobina”. São componentes necessários para efetivar o controle dos procedimentos que serão adotados.

3 EXECUÇÕES DO PROJETO

O equipamento de lavar tipo túnel se encontra desativado, por isso será necessária uma revisão dos componentes mecânicos e elétricos que serão reaproveitados, para então trocar o processo antigo e que demonstra ser ineficiente em determinadas aplicações específicas.

O processo constitui-se na limpeza de peças, após a usinagem que proporcionará a melhoria da qualidade final dos produtos, para executar o projeto deve-se descrever como se constituirá o funcionamento do novo circuito elétrico definindo-se os principais pontos necessários para que os ciclos sejam concluídos.

O comando se iniciará com uma botoeira de trava, que ligará o controlador e verificará a temperatura do líquido, havendo a necessidade ligará as resistências que deverão levar um breve tempo para chegar à temperatura estabelecida, entre 50°C a 60°C, ou seja, aquecerá até 60°C desligando as resistências quando atingir essa temperatura e só religará ao atingir 50°C novamente.

O início do ciclo só poderá ser acionado após atingir a temperatura mínima de 50°C, estabelecida para não haver a possibilidade de iniciar o processo sem os requisitos mínimos estabelecidos pelo produto.

Após a etapa de aquecimento estar completa, um sinalizador será ligado indicando que o equipamento está apto a operar, podendo então ser ligado os exaustores que dão condições para que o restante do circuito seja acionado; uma botoeira de pulso iniciará o ciclo, ligando a esteira e as bombas centrifugas.

A esteira é formada por uma malha de metal inoxidável, movimentada por um moto redutor.

No início a esteira transportará a peça até o ponto para lavar, onde um sensor indutivo será acionado por uma haste de metal, ajustada para a altura da peça. Neste ponto a esteira para e as duas bombas centrifugas jateam a

peça, uma a parte de cima e a outra a parte de baixo. Nesse momento, será ajustado um tempo para limpar a peça através de um temporizador, que de acordo com o formato da peça poderá ser diferenciado. Ao fim da contagem a esteira retorna ao funcionamento e as bombas são desligadas.

O segundo ponto será o da secagem. Novamente a esteira será acionada e transportará até o próximo ciclo, onde um sensor indutivo é acionado através de uma haste e a esteira é parada pela segunda vez, entrando o acionamento de uma válvula 2\2 vias simples solenoide. Esta válvula injetará um fluxo de ar para a secagem da peça por um determinado período, contado pelo temporizador.

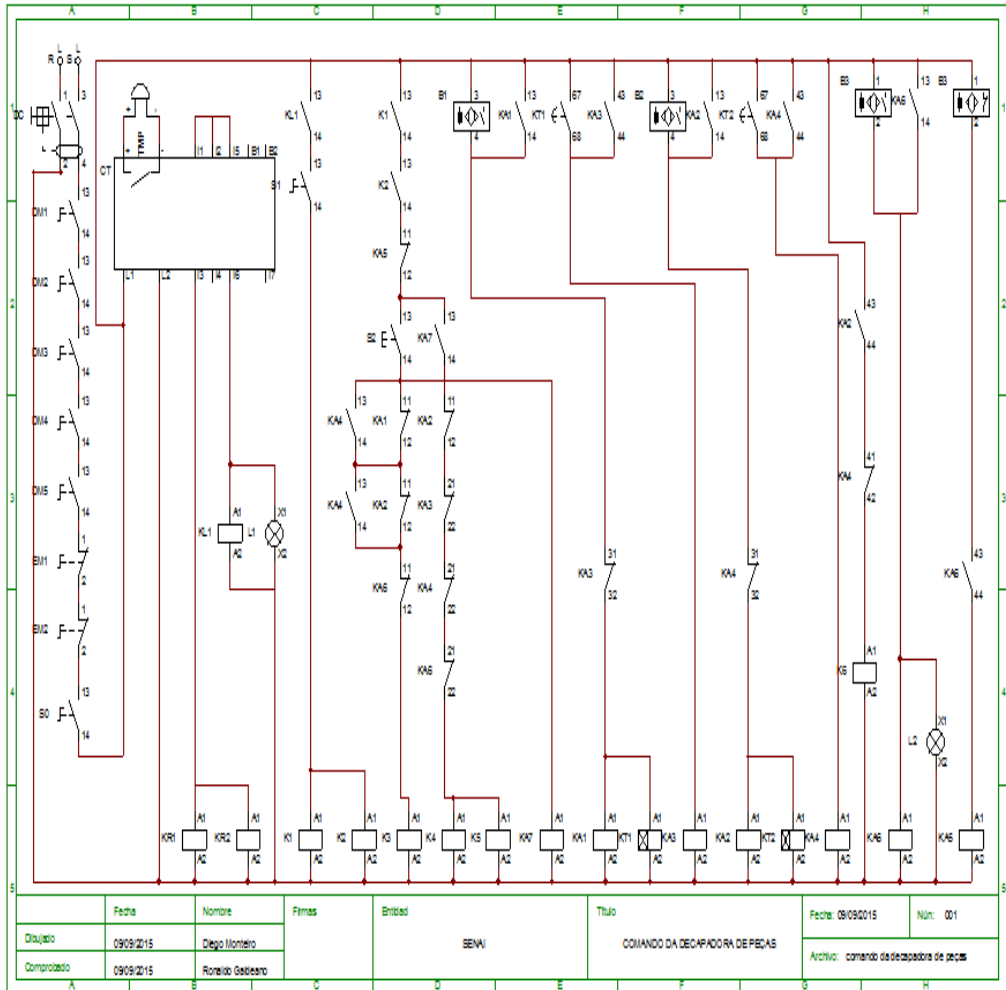
Ao fim do tempo a esteira volta a se locomover até a saída da peça no final do túnel, e esta fica sobre uma série de rolos de nylon (tecnil) que finaliza o processo.

Ao final do processo haverá mais um sensor indutivo cumprindo a função de desligar a esteira e acionar um sinalizador, indicando ao operador que o processo está finalizado. Enquanto o operador não retirar a peça dos rolos, o equipamento não poderá realizar um novo ciclo; ao retirar a peça será desacionado o sensor efetuando um reset no comando elétrico, podendo iniciar um novo processo.

3.1 Comando Elétrico

Com o estudo e levantamento da funcionalidade do equipamento a ser automatizado, pode-se definir as formas de se aplicar os componentes eletromecânicos, foi projetado o diagrama de comando (Figura 1) podendo testar o circuito através do software elétrico.

Figura 1 – Projeto do diagrama de comando

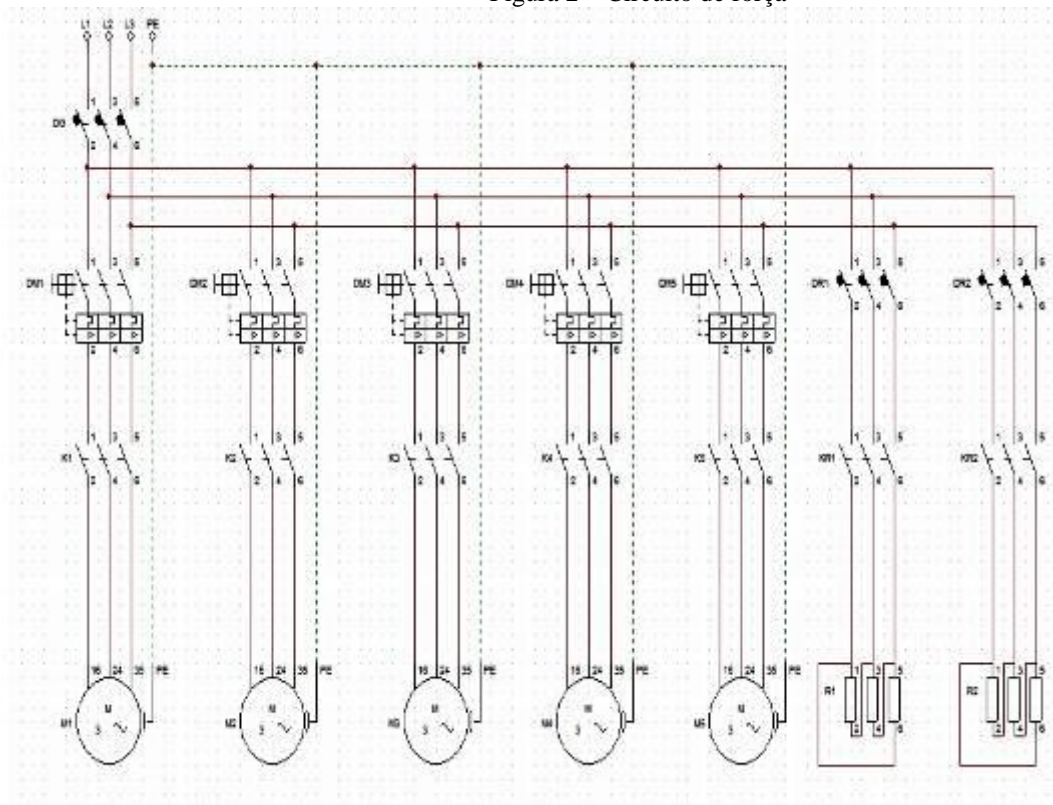


Fonte: do autor (2016)

Foram instalados disjuntores para proteção dos motores, de forma que, se um deles desarmar por sobrecarga, todo o circuito será desligado; um botão de trava ligará o controlador, conectado ao termopar que fará a leitura de temperatura do reservatório. As resistências são ligadas se houver a necessidade de aquecer o líquido. Ao atingir a temperatura, a lâmpada de sinalização acende, os exaustores devem ser ligados, e aí sim o restante do circuito poderá ser acionado efetuando o processo automaticamente.

A figura 2 apresenta o diagrama de força que descreverá a ligação dos motores de indução trifásicos, e as resistências que efetuam o aquecimento do líquido.

Figura 2 – Circuito de força



Fonte: do autor (2016).

Este diagrama apresenta os cinco motores que farão parte do equipamento, dois dos exaustores, dois das bombas centrífugas e um do redutor da esteira, além de demonstrar as duas resistências que serão parte do equipamento.

3.2 Materiais do comando

Com a projeção pode-se testar e definir o circuito, estimando todos os componentes eletromecânicos necessários para confecção do comando elétrico, que estão descritos no quadro 1.

Quadro 1- Identificação dos componentes

TAG	Descrição do componente	Descrição do comando
DC	Disjuntor bipolar	Liga Comando
DM1	Disjuntor motor	Proteção do motor do exaustor 1
DM2	Disjuntor motor	Proteção do motor do exaustor 2
DM3	Disjuntor motor	Proteção do motor da esteira
DM4	Disjuntor motor	Proteção do motor da bomba 1
DM5	Disjuntor motor	Proteção do motor da bomba 2
EM1	Botão de emergência tipo cogumelo	Parada de emergência no painel
EM2	Botão de emergência tipo cogumelo	Parada de emergência na saída da peça
S0	Botoeira com trava	Liga controlador de temperatura
S1	Botoeira com trava	Liga exaustores
S2	Botoeira de pulso	Inicia ciclo
ST	Controlador de temperatura	Liga resistências e controla temperatura
TMP	Termopar	Mede temperatura da água
B1	Sensor Indutivo	Parada para decapagem
B2	Sensor Indutivo	Parada para secagem
B3	Sensor Indutivo	Final de ciclo
L1	Sinaleiro	Indicador de água na temperatura ideal
L2	Sinaleiro	Indicador de fim de ciclo
K1	Contator	Acionamento do exaustor 1
K2	Contator	Acionamento do Exaustor 2
K3	Contator	Acionamento da Esteira
K4	Contator	Acionamento da Bomba 1
K5	Contator	Acionamento da Bomba 2
K6	Relé	Aciona solenoide da secagem
KR1	Contator	Acionamento da Resistencia 1
KR2	Contator	Acionamento da Resistencia 2
KL1	Relé	Libera comando com a água na temp. ideal
KA1	Contator auxiliar	Desliga esteira para solubilização
KA2	Contator auxiliar	Desliga esteira para secagem
KA3	Contator auxiliar	Liga esteira após solubilização e desliga bombas
KA4	Contator auxiliar	Liga esteira após secagem, e desliga válvula
KA5	Contator auxiliar	Reset do circuito
KA6	Contator auxiliar	Desliga esteira no final do ciclo
KA7	Contator auxiliar	Selo do comando
KT1	Temporizador	Conta o tempo da decapagem
KT2	Temporizador	Conta o tempo da secagem
DR1	Disjuntor	Proteção da resistência 1
DR2	Disjuntor	Proteção da resistência 2
M1	Motor de indução trifásico	Exaustor 1
M2	Motor de indução trifásico	Exaustor 2

M3	Motor de indução trifásico	Esteira
M4	Motor de indução trifásico	Bomba 1
M5	Motor de indução trifásico	Bomba 2
R1	Resistência tubular trifásica	Aquece líquido
R2	Resistência tubular trifásica	Aquece líquido

Fonte: do autor (2016).

3.3 Montagem

Com a projeção do comando efetuada, seu funcionamento no software testado e a listagem dos componentes definida, foi montado o circuito em um painel com todos os componentes descritos, com exceção do termopar e dos sensores indutivos, conforme figura 3.

Figura 3 – Painel com os componentes



Fonte: do autor (2016)

Foi montado o painel de comando próximo ao equipamento sobre um pedestal parafusado. Com o comando montado instalou-se os sensores indutivos no equipamento para indicar a posição dos pontos de parada, para lavar, secar e indicar fim do programa, conforme figura 4.

Figura 4 - Sensor e haste



Fonte: do autor (2016).

A figura 4 apresenta o sensor indutivo e as hastes que fazem os movimentos para acionamento do mesmo, quando a peça empurra as hastes para frente efetua-se um movimento que no seu ponto mais alto acionará o sensor.

Também se instalou a válvula e as tubulações de 1" para secagem, que podem ser observadas na figura 5.

Figura 5 – Válvula e Tubulações



Fonte: do autor (2016).

As tubulações da solubilização e secagem foram inseridas na parte superior e inferior do local onde a peça sofrerá os processos respectivamente, obedecendo as dimensões da válvula e das bombas. Foram realizados pequenos orifícios nas tubulações para direcionar os jatos solúveis e de ar para execução destes processos.

A resistência tubular trifásica de imersão, muito utilizada para aquecer líquido em reservatórios foi selecionada conforme disponibilidade de mercado.

A mais comum e capaz de atender a necessidade é a de 24KW. Para a automação serão utilizadas duas resistências para corresponder a um tempo efetivo capaz de atender as necessidades do processo.

Utilizando o cálculo da sequencia, chegou-se ao tempo necessário de aquecimento, conforme resistência e necessidade do processo.

$$h = \frac{M \times C \times (T2 - T1)}{860 \times P}$$

$$h = \frac{1000 \times 1 \times (50 - 20)}{860 \times 48} = 0.73 \text{ h}$$

Onde:

P = Potência em kW

M = Massa do líquido a ser aquecido em kg (para água considere 1kg por litro)

C = Calor específico em caloria por minuto (para água considere 1cal/min)

T1 = Temperatura inicial em °C

T2 = Temperatura final em °C

h = Tempo de aquecimento em horas

Pode-se concluir que esta temperatura será atingida em aproximadamente 43 minutos.

Foi instalada no reservatório a resistência que pode ser observada na figura 6, e um termopar do tipo j idêntico ao da figura 7, definido através das faixas de utilização para efetuar a leitura da temperatura do líquido.

Figura 6 - Resistencia



Fonte: enget.com.br (2016).

A figura 5 demonstra uma resistência tubular trifásica, muito utilizada para aquecimento de líquidos, e de fácil acesso no mercado.

Selecionada a resistência que será utilizada foi escolhido o termopar para atender à necessidade da faixa de trabalho.

Figura 7 - Termopar



Fonte: resistenciascampinas.com.br (2016).

A figura 7 representa um termopar do tipo J, também utilizada na automação do equipamento. A seguir está o quadro 2 que apresenta as características do termopar que foi aplicado.

Quadro 2 – Termopar J

Tipo do termopar	Nome do termo elemento	Faixa de utilização (c°)	Limite de erro	
			Padrão	Especial
Termopar tipo J	(+) ferro	0 a 760° C	± 2,2°C	± 1,1°C
	(-) Constantan		± 0,75	± 0,4°C

Fonte: do autor (2016).

Através do quadro pode-se avaliar que a faixa de utilização é eficaz para atender a necessidade do processo que será automatizado.

4 DISCUSSÃO E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

4.1 Tempo médio para a limpeza das peças

Para discussão e apresentação dos resultados foi necessário avaliar os procedimentos utilizados no processo antigo, cronometrando os tempos que eram necessários para limpeza das principais peças produzidas e que necessitavam de um tratamento mais especial para atender suas aplicações. Da mesma maneira seria necessário que a mesma avaliação fosse submetida ao equipamento automatizado para avaliar se houve uma melhoria no processo e no tempo necessário para retirar as impurezas.

No processo antigo as peças eram submergidas e emergidas na mistura de água com um agente desengraxante e permaneciam nesse

processo pelo tempo em que o operador achasse necessário, e ainda sim, muitas vezes, não era suficiente e havia a necessidade de aplicar uma limpeza manual.

Analisando os dados coletados da operação, foram considerados os tempos médios, avaliados para três das principais peças de formatos diferentes que são submetidas a limpeza, antes da automação do equipamento, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Avaliação máquina manual

<i>Método de avaliação</i>	<i>Peça 1</i>	<i>Peça 2</i>	<i>Peça 3</i>
Tempo médio para limpeza total das peças	10 minutos	7 minutos	6 minutos

Fonte: do autor (2016).

Com a impossibilidade de autorização de visualização e nomes das peças 1, 2 e 3, foi apenas possível levantar seus tempos visando compará-los com o novo processo.

No processo automatizado as peças são inseridas no equipamento e são submetidas aos dois processos que foram propostos para limpeza, o de lavar e secar a peça. Esse procedimento é feito através de jatos na mistura de água e um agente desengraxante, permanecendo no processo apenas o tempo necessário para sua limpeza no novo equipamento, não necessitando do controle do operador para parar o ciclo, sendo necessária à sua ação apenas para o abastecimento e retirada de peças.

Com o novo equipamento foi utilizado o mesmo procedimento do equipamento antigo, com os mesmos formatos de peças utilizados no mesmo, cronometrando os tempos médios conforme tabela 2.

Tabela 2 – Avaliação máquina automatizada

<i>Método de avaliação</i>	<i>Peça 1</i>	<i>Peça 2</i>	<i>Peça 3</i>
Tempo médio para limpeza total das peças	3:30 minutos	3 minutos	2:30 minutos

Fonte: do autor (2016).

As mesmas peças avaliadas no primeiro equipamento foram selecionadas para avaliação no segundo. Nota-se que os tempos foram

reduzidos, e as peças saem do equipamento prontas para ser embaladas e encaixotadas.

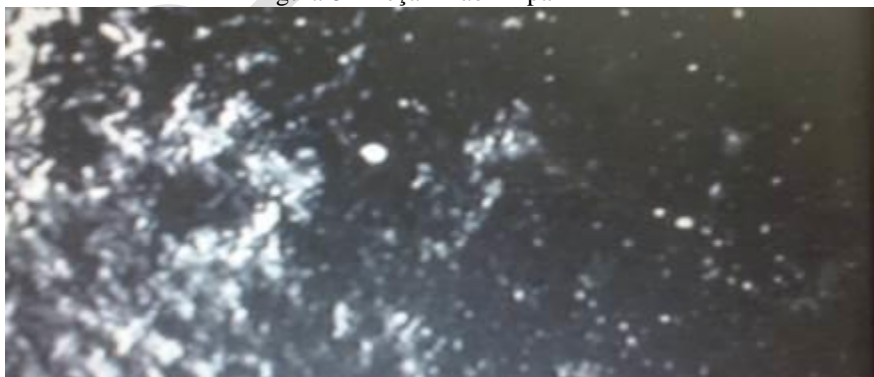
4.2 Eficácia na limpeza das peças

A limpeza das peças antes da automação era realizada pela imersão das peças (como já citado anteriormente), sendo que este não era o processo final de limpeza, pois ainda era realizado um trabalho manual pelo operador visto que as peças não ficavam tão limpas quanto necessário. Essa limpeza manual era feita através de panos e pulverizador com produto desengraxante. Após a limpeza, era feita manualmente a secagem das peças através de um bico de ar comprimido. Só após esses processos era possível obter bons resultados na limpeza das peças para serem embaladas.

Após a automação do equipamento alvo dessa pesquisa, foi analisado que as peças usinadas levaram um tempo menor para a limpeza. Além dessa vantagem ainda foi observado que, a partir desse novo processo, as peças ficaram uniformemente limpas e já secas, pois o processo é realizado totalmente pela máquina, dispensando assim o trabalho manual do operador que era realizado anteriormente, ou seja, o processo de limpeza e secagem tornou-se realizado e controlado pelo equipamento automatizado.

Para a avaliação da eficácia da limpeza foram realizadas análises no laboratório da empresa, verificando a existência de impurezas em diversos pontos das peças antes da limpeza efetiva, como pode-se observar na figura 8.

Figura 8 – Peça 1 não limpa



Fonte: do autor (2016).

Na figura 8 mostra a peça antes da limpeza, onde podem ser observadas diversas impurezas que são os pequenos pontos reluzentes brancos.

A figura 9 apresenta evidências encontradas no procedimento executado pelo equipamento antigo, o que indica que alguns pontos ainda poderiam apresentar impurezas.

Figura 9 – Peça 1 limpa pelo equipamento antigo



Fonte: do autor (2016).

Pode ser observado pela figura 9 que ainda existem pequenos pontos brancos e que na aplicação da análise utilizada ainda caracterizam impurezas.

Utilizando o mesmo formato de peça, logo após a usinagem foram efetuados os mesmos testes aplicados no equipamento antigo, em que a peça passa pelo processo de solubilização no equipamento automatizado, e verificados os dados no laboratório, para medir a eficiência do equipamento e qual o tempo necessário para o processo. A figura 10 mostra a imagem coletada de uma parte das peças avaliadas.

Figura 10 – Peça 1 limpa



Fonte: do autor (2016).

A figura 10 mostra a peça após o processo onde não constam impurezas. Nota-se que os pontos reluzentes não são mais encontrados após a

limpeza efetiva, visto que as imagens apresentam apenas um dos pontos avaliados.

5 Conclusão

A automação de máquinas e equipamentos para melhorar a performance e qualidade se torna uma saída muito comum e eficiente, por isso os profissionais da área de tecnologia em manutenção industrial necessitam estar preparados para efetuar este tipo de melhoria dentro dos processos existentes.

A máquina automatizada continha um grande potencial, pois sua construção é toda em aço inoxidável, um material com um custo alto, e que já se encontrava disponível na empresa, parado e sem aplicação nenhuma.

Ao automatizá-la houve um reaproveitamento de todo este material, sendo que a máquina antiga ainda pode ser utilizada para aplicações com menores exigências, como por exemplo, a limpeza de parafusos e porcas antes da montagem.

Pode-se concluir com este trabalho, tendo como base a apresentação dos resultados obtidos, que a automação do equipamento obteve sucesso em seus objetivos, dando mais eficiência ao processo, já que a limpeza das peças é efetuada de forma uniforme e mais rapidamente do que na forma antiga e a secagem possibilita que a peça saia do equipamento pronta para ser embalada, encaixotada e enviada ao cliente.

Também se observou que os tempos necessários para limpeza com elevação da temperatura do líquido, reduziu-se consideravelmente.

Na limpeza das peças que são submetidas ao novo processo, pode-se observar pelos dados coletados que as impurezas vistas antes não são mais encontradas após a solubilização, o que proporcionou satisfação aos clientes internos e externos.

Desde o início da operação do novo processo não houve mais observações nem sugestões dos clientes, que foram os principais motivadores deste trabalho, pois necessitavam de uma melhoria do processo para maior qualidade e confiabilidade dos produtos, principalmente dos que exigiam uma limpeza mais eficiente para aplicações onde não poderia haver contaminantes nem impurezas de tamanhos considerados prejudiciais.

CONTROL AND PROCESS AUTOMATION MACHINED PARTS OF CLEANING

Abstract

The theme of this article is the control and automation of a solubilization maker of machined parts. With increased competition, the quality of requirements are increasing, expanding the features of the product are observed. After the machining processes, for example, there is often the need to perform cleaning of the final product, but every customer requires a greater or lesser degree of cleanliness according to their characteristics and process health, will depend on the product and its application. The objective is to present an improvement process by automating equipment in a metal for greater control, time and quality of the parts. The methodology was a study and implementation of the automation of a solubilization equipment, the results were satisfactory servicing customers and optimizing the process.

Keywords: Process. Solubilization. Automation.

REFERÊNCIAS

ALVES, José Luiz Loureiro, **Instrumentação, controle e automação de processos**. 2ª ed. LTC, 2010.

CHIAVERINI, Vicente, **Tecnologia Mecânica**. 2ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986. p. 315.

GUSSOW, Milton. **Eletricidade básica**. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2009. p. 639.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**, 6ª ed. LTC, 2002.

NASCIMENTO JÚNIOR, Geraldo Carvalho do. **Máquinas elétricas: teoria e ensaios**. 4. ed., rev. São Paulo: Érica, 2011. p.260.

NATALE, Ferdinand, **Automação Industrial**. 10ª ed. São Paulo: Érica, 2008.

THOMAZINI, Daniel, ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de, **Sensores industriais – fundamentos e aplicações**. 4ª ed. São Paulo: Érica, 2006.

Termopar. Disponível em: <http://www.resistenciascampinas.com.br>, Acesso em 04/04/2016

Resistência. Disponível em: <http://enget.com.br>, Acesso em 04/04/2016

SISTEMA DE SENSORIAMENTO DE QUEBRA DE PAPEL EM IMPRESSORA *OFFSET*

DAVI FONTANA ZILIO¹
PAULO BRONIERA JUNIOR²

Resumo

A aplicação de máquinas de impressão *offset* na indústria é extensa. Desta forma, alguns estudos têm apresentado estratégias para o diagnóstico e a previsão de falhas nestas máquinas. Este trabalho propõe um sistema de sensoriamento para detecção de quebra de papel em impressoras *offset* no parque gráfico da editora e gráfica Folha de Londrina, utilizando sensores fotoelétricos os quais irão interromper a triagem e prevenir manutenção corretiva. Resultados experimentais são apresentados para validar a proposta do trabalho.

Palavras-chave: Quebra de papel. *Offset*. Sensor.

¹ Graduação; Curso de Manutenção Industrial, Faculdade de Tecnologia Senai de Londrina, *email:* davifz@hotmail.com

² Mestre, docente da Faculdade de Tecnologia Senai de Londrina, *email:* paulo.broniera@pr.senai.br

1 INTRODUÇÃO

A utilização de impressoras *offset* no meio industrial é extensa, sendo esta o principal meio de impressão de forma indireta. Este fato ocorre devido as suas características já consolidadas tais como robustez, alta velocidade, rápida entrega de material e diversidades da gramatura do papel.

Embora esta máquina seja usualmente bem construída e robusta, a possibilidade de falhas é inerente ao dispositivo. Defeitos no momento de operação causam prejuízos significativos ao processo industrial a qual a referida máquina está instalada. Gerando muitas vezes horas de máquina parada, principalmente devido a ruptura do papel.

De acordo com Rossi (2009), as principais falhas encontradas em impressoras *offset* são provenientes de problemas relacionados a falhas mecânicas ou falhas operacionais. Dentre as falhas apresentadas pela impressora, pode se destacar as falhas nas blanquetas, as quais representam 70% do total de falhas da máquina.

O diagnóstico deste tipo de falha pode ser realizado através do monitoramento contínuo do papel, observando o alinhamento e principalmente sua continuidade e tensionamento. Para Mazzaroppi (2007), a utilização de sensores na monitoração de processos é vital para o sucesso dos mesmos e para garantir a segurança dos operadores e equipamentos.

A proposta deste trabalho consiste em desenvolver e implementar um sistema de diagnóstico para a quebra de papel, utilizando um sensor do tipo fotoelétrico retro reflexivo para detecção de presença por interrupção do fecho de reflexão para detectar a quebra do papel, utilizando dois componentes principais: emissor de luz modulada por um oscilador. O receptor contém um elemento optoeletrônico, tal como um fototransistor que detecta a luz convertendo a intensidade de luz recebida em uma tensão elétrica (MAZZAROPPI, 2007).

Assim, este trabalho está dividido da seguinte maneira: na seção 2 apresenta-se uma descrição das principais falhas nas impressoras de *offset*. Na seção 3 são apresentados os sensores fotoelétricos. Na seção 4 é apresentada a metodologia utilizada para a implementação dos sensores e os resultados experimentais. Finalmente, na seção 5, as conclusões do trabalho são apresentadas.

2 DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM IMPRESSORAS *OFFSET*

O sistema de impressão *offset* funciona a partir de uma matriz, feita de chapas de alumínio, onde contêm duas regiões, uma com imagem e a outra de não imagem chamada de contra grafismo.

Essa matriz recebe uma fina camada de tinta dos rolos transportadores, por sua vez a matriz transfere essa imagem para um cilindro que é revestido pelas blanquetas, assim essa blanqueta transfere a imagem que estava na matriz para o papel, sendo assim um processo de impressão de forma indireta. O processo *offset* é composto por uma máquina dividida em quatro unidades, cada unidade de impressão é responsável por uma cor de tinta.

A sobreposição das cores ciano, magenta, amarelo, com a adição do preto, formam o processo *offset*. No entanto, por mais que essa impressora seja bem construída e robusta a mesma pode apresentar problemas técnicos em seu funcionamento, os quais trazem prejuízos ao processo.

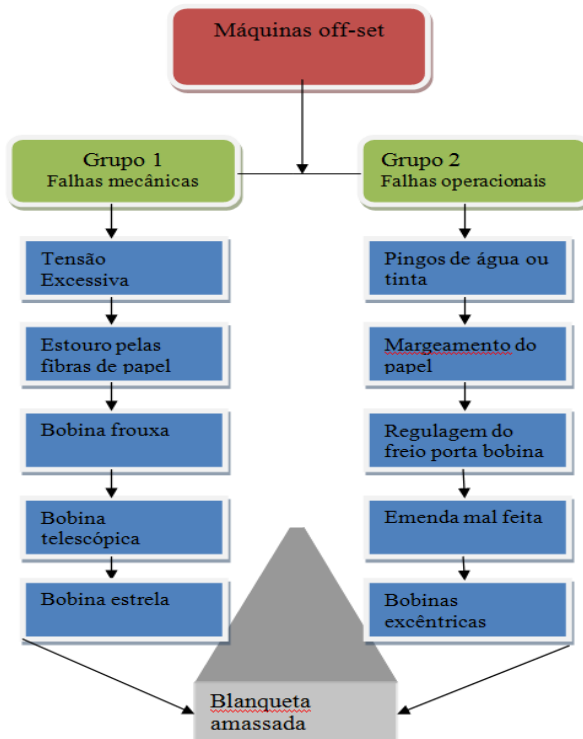
Dentre as falhas apresentadas pela impressora pode se destacar as falhas nas blanquetas, as quais representam o percentual de 70% do total de falhas da máquina.

Os problemas que ocasionam a quebra de blanquetas podem ser classificados em dois grupos distintos. O primeiro grupo é representado pelas falhas mecânicas. Já o segundo grupo são correspondentes às falhas operacionais.

As falhas mecânicas são destacadas devido aos problemas de tensão excessiva na borda da bobina, devido à perda de umidade que produzem um solavanco a cada revolução; bobina frouxa; bobina telescópica; bobina estrela; estouro ocasionado pelas fibras do papel e tubete saliente.

A Figura 1 apresenta um diagrama em blocos dos principais tipos de falhas em máquinas *offset*, que implicará na ruptura do papel, e acarretará no amassamento das blanquetas, fazendo-se necessária a substituição da peça.

Figura 1 – Classificação de falhas em impressoras off-set

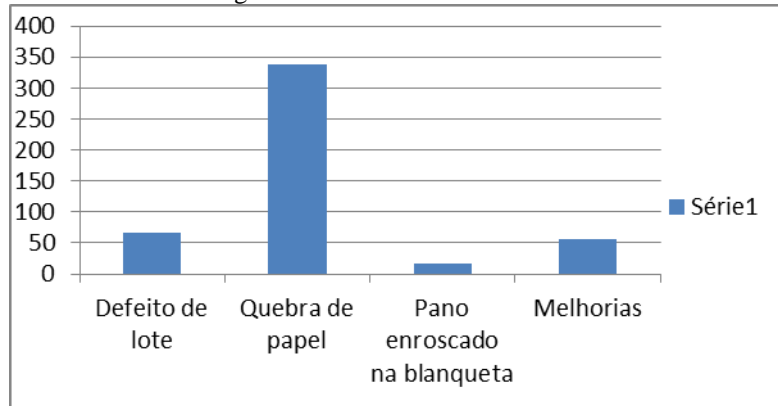


Fonte: Do autor (2016).

As falhas operacionais são oriundas de pingos de água ou tinta diretamente no papel; regulagem deficiente nos freios do porta bobina; emenda mal feita, bobinas excêntricas, margeamento do papel, conforme relatado por Filho (2009).

A Figura 2 abaixo ilustra o sistema de gerenciamento SIGMA, o qual demonstra os motivos das trocas das blanquetas.

Figura 2 – Gerenciamento SIGMA



Fonte: Do autor (2016).

De acordo com o gráfico da Figura 2 observa-se que a grande maioria das trocas das blanquetas são ocasionadas pela ruptura do papel. Assim, quando ocorre uma quebra de papel durante o processo de impressão, o papel se enrola ao redor das blanquetas e dos rolos de tinta, causando a danificação dessas, seja por motivo de amassamento ou até mesmo o rompimento da mesma, como mostrado nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 - Blanqueta com rompimento da lona



Fonte: Do autor (2016).

Figura 4 - Blanqueta com defeito de amassamento da camada de transferência



Fonte: Do autor (2016).

O processo de manutenção desta natureza demora aproximadamente 1 hora, tempo esse que a impressora permanece parada, gerando prejuízo com o atraso da produção, tendo em vista que a impressora imprime 500 jornais por minuto, sendo o custo de cada jornal de R\$ 2.50.

Caso a impressora esteja em alta velocidade, algo em torno de 23 mil jornais por hora, se ocorrer uma quebra brusca do papel e o operador demorar em acionar o botão de *stop*, os danos podem ser ainda maiores, a máquina pode sair fora do ponto de registro e gerar quebra de engrenagens, rupturas das correias de transmissão, rompimento dos rolos de retintagem, além de avarias nas dobradeiras de jornais.

Esses problemas para serem resolvidos demandam em alguns casos, mais de oito horas de manutenção, causando grandes prejuízos para a empresa. Assim, para a rápida detecção de quebra de papel, torna-se indispensável o monitoramento contínuo do processo.

3 SENSORES FOTOELÉTRICOS

Os sensores são dispositivos que convertem uma grandeza física em uma segunda grandeza física mais adequada a um sistema de medição. Higashi (2006).

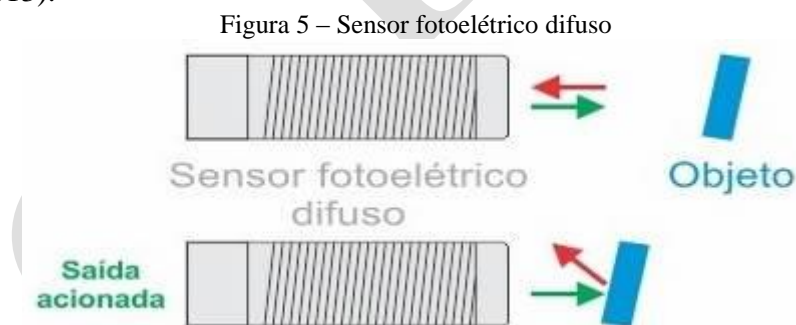
Os mesmos são utilizados em diversas aplicações para o monitoramento de processos, tais como o monitoramento de velocidade, temperatura, pressão, nível, posição, detecção de objetos e etc.

Neste trabalho emprega-se um elemento sensor para o monitoramento da existência ou não de papel em um impressora industrial. Para isto, foi utilizado um sensor do tipo foto elétrico de feixe de luz do tipo emissor e receptor de sinal.

Segundo Lino (2013) o sensor fotoelétrico é um sensor que através de um feixe de luz detecta objetos. Seu funcionamento é feito por meio de um emissor de luz (led, infravermelho, luz visível, etc.) e um receptor para esta mesma luz. Ele pode ser realizado de três formas, vai depender do modelo de sensor utilizado.

3.1 Sensor foto elétrico difuso:

É um tipo de sensor que possui o emissor de luz e o receptor lado a lado e no mesmo corpo. O emissor emite um feixe de luz, se algum objeto entra na frente deste feixe a luz é refletida na superfície do material do objeto e volta para o receptor do sensor, fazendo assim a detecção que é convertida em comutação de contatos NA ou NF. A Figura 5 ilustra esse tipo de sensor (LINO, 2013).

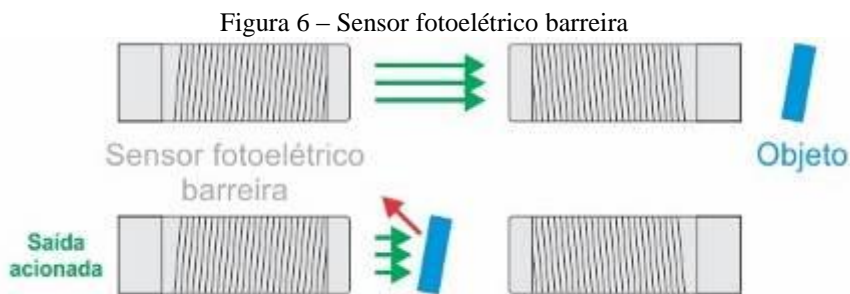


Fonte: Lino (2013).

3. 2 Sensor foto elétrico do tipo barreira :

O sensor do tipo barreira é dividido em duas partes, o emissor e o receptor. Nessa modalidade o emissor e o receptor são fixados frontalmente, fazendo com que a luz do emissor seja emitida diretamente para o receptor continuamente. Quando um objeto passa no espaço entre os dois, interrompe o feixe de luz, fazendo com que ela não chegue ao receptor. Assim é

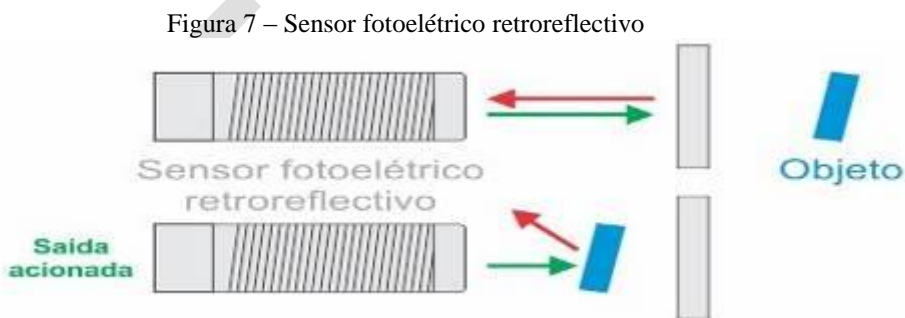
detectada a presença do objeto e o receptor do sensor comuta sua saída, que pode ser através de contatos NA ou NF ou então transistor para corrente alternada ou contínua (LINO, 2013). A Figura 6 a seguir ilustra esse tipo de sensor.



Fonte: Lino (2013)

3.3 Sensor foto elétrico retro reflexivo:

Assim como o modelo difuso, este sensor tem o emissor e o receptor lado a lado, porém funciona como os modelos de barreira. Isso é possível por conta de um espelho prismático fixado frontalmente com o sensor que reflete a luz, a partir daí, atuará como o sensor de barreira, ou seja, o sensor acionará sua saída quando algum objeto passar entre o espelho e o sensor, conforme observado na Figura 7 (LINO, 2013).

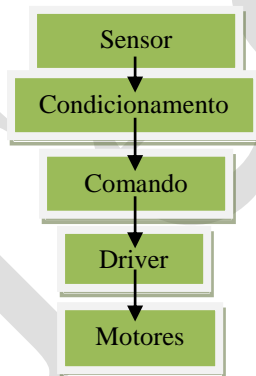


Fonte: Lino (2013)

4 IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS DE QUEBRA DE PAPEL EM IMPRESSORAS OFF-SET

Este trabalho, no que diz respeito aos aspectos metodológicos, utiliza-se de um circuito de monitoramento de objetos para a detecção de falhas de quebra de papel em impressoras do tipo *offset*. O propósito é detectar de forma imediata a ocorrência de quebra de papel e assim inibir o amassamento e demais avarias na blanqueta das impressoras. Para isto, foi utilizado um sistema eletroeletrônico para monitorar e detectar a quebra de papel por meio de sensores infravermelho. A Figura 8 ilustra um diagrama em bloco da implementação do sistema.

Figura 8 – Implementação do sistema

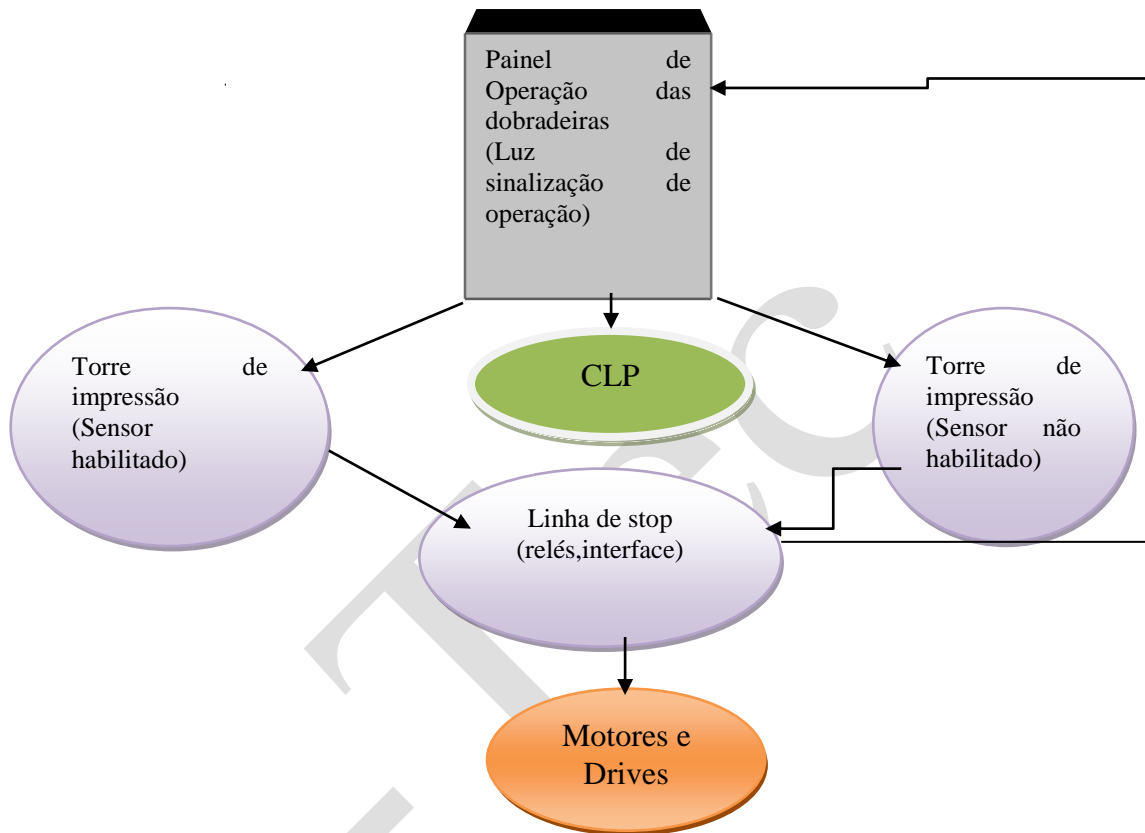


Fonte: Do autor (2016)

O sistema instalado é constituído por um sensor do tipo fotoelétrico da marca Autonics, modelo BR P 100 M – TDT – P, emissor e receptor de sinal infravermelho. O sensor monitora a existência ou não do papel na impressora e envia os sinais de operação da dobradeira da torre de impressão, este painel por sua vez habilita o CLP que envia o sinal para a linha de *stop* da torre de impressão. Assim, não contendo nenhum sinal em aberto, é acionado os drives dos motores das rotativas dando início ao processo. Caso a linha de *stop* esteja aberta através do sensor que está instalado em paralelo com a linha de *stop*, emite-se um sinal para o painel de operação das dobradeiras, demonstrando que a máquina não está habilitada para operação.

De posse dos dados, o processamento do sinal foi realizado conforme ilustra o diagrama em blocos na Figura 9.

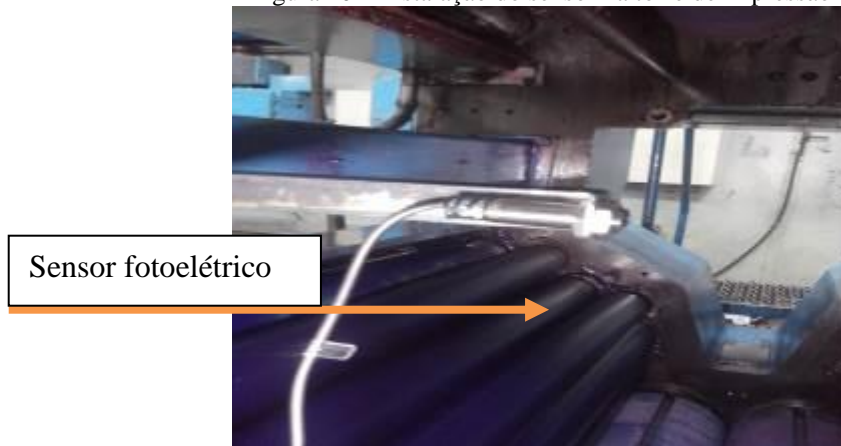
Figura 9 – Fluxograma de acionamento dos motores e drives das rotativas



Fonte: Do autor (2016).

O sensor foi instalado entre o primeiro e o segundo nível da torre 7 de impressão, local onde o papel se enrola com mais facilidade após uma quebra. Assim, constataremos uma rápida parada da impressora caso haja uma ruptura do papel, não ocasionando o enrolamento do papel envolta das blanquetas. As Figuras 10 e 11 demonstram a pré-instalação do sensor na unidade de impressão.

Figura 10 – Instalação do sensor na torre de impressão



Fonte: Do autor (2016).

Figura 11 – Instalação do sensor na torre de impressão



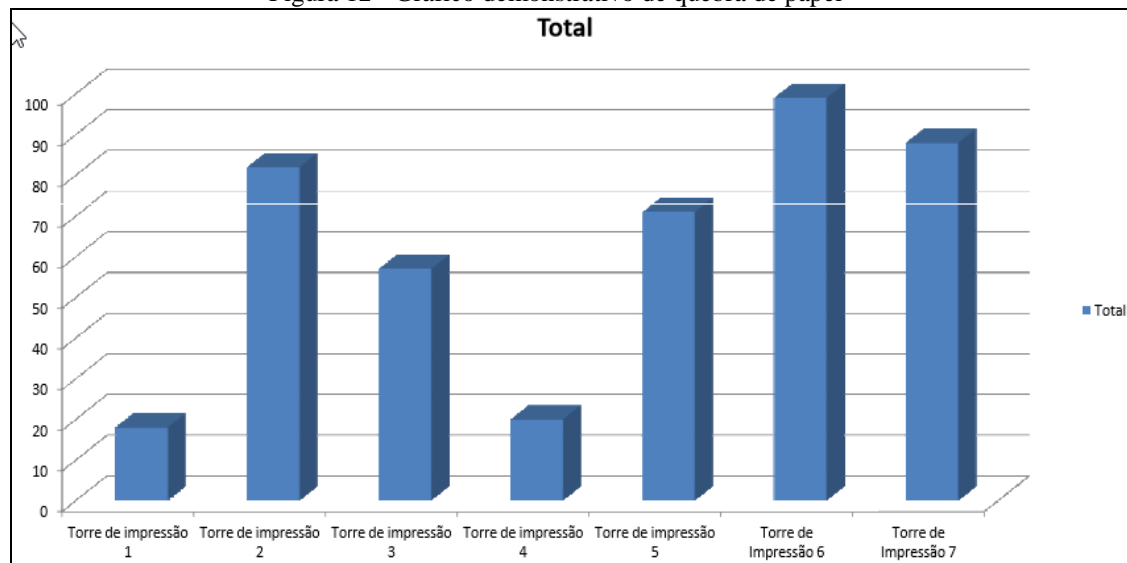
Fonte: Do autor (2016).

4.1 Discussão dos Resultados

Após análise do sistema de manutenção sigma verificou se que das sete torres de impressão, as torres que apresentaram maior índice de troca de blanqueta foram as torres 6 e 7 como podemos acompanhar no gráfico da

Figura 12. Optou-se por fazer o monitoramento piloto pela torre 7, visto que essa encontra se mais próxima do painel de comando, facilitando a instalação.

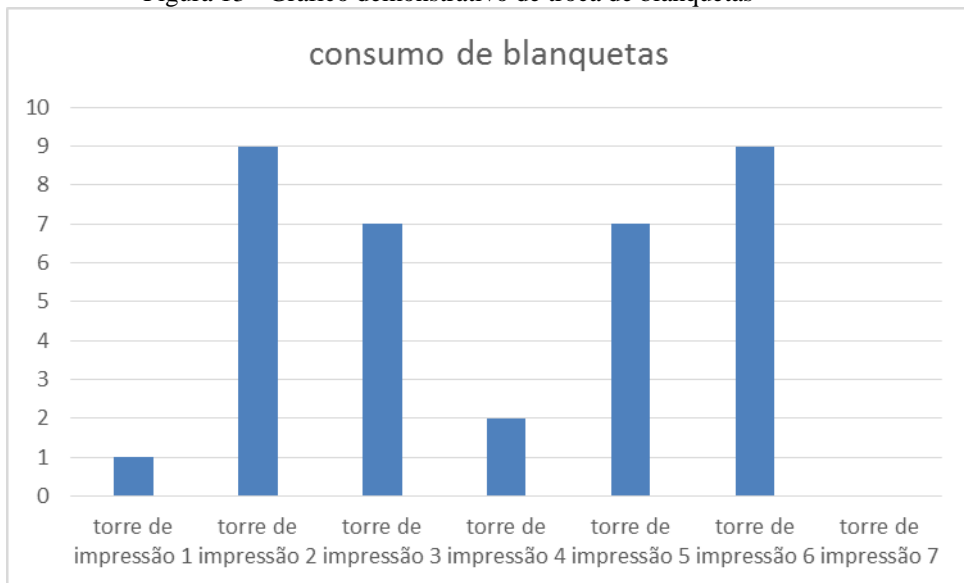
Figura 12 - Gráfico demonstrativo de quebra de papel



Fonte: Do autor (2016).

A implementação do sistema de sensoriamento, possibilitou zerar a troca de blanquetas danificadas por quebra do papel na torre de impressão 7, no período de fevereiro à maio de 2016 foi observado a troca de 35 blanquetas distribuídas entre as torres 1,2,3,4,5,6 pelo motivo de quebra de papel, um gráfico demonstrativo das trocas de blanquetas nas torres é apresentado na Figura 13.

Figura 13 - Gráfico demonstrativo de troca de blanquetas



Fonte: Do autor (2016).

Através dos dados coletados durante os 4 meses após a instalação do sensor, o circuito mostrou-se eficaz e viável para instalações nas demais torres de impressão, devido seu baixo custo de implementação e seu payback ser de rápido retorno. O quadro 1 demonstra o retorno de investimento do circuito.

Quadro 1- Retorno de investimento de instalação do sistema

Custo de Instalação Total	Custo da blanqueta	Consumo médio de blanqueta (mensal)
R\$ 9.000	R\$ 5260,00	8 unidades
Payback = 3 meses		

Fonte: Do autor (2016).

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a proposta de um método automatizado para a detecção da quebra brusca do papel em impressoras *offset*. Este método utilizou-se de sensor retroreflexivo de presença que identifica a falha do papel e aciona a linha de *stop* da máquina imediatamente, sendo assim, é possível o operador realizar a nova passagem de jornal e dar início o processo de impressão novamente, não ocorrendo danos as blanquetas, quebra de engrenagens, rupturas das correias, e principalmente o tempo de máquina parada, que em alguns casos chegou a 8 horas de manutenção, gerando impacto negativo na produção e nos custos com a manutenção.

A partir dos dados referentes às trocas de blanquetas motivadas pela quebra do papel, no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2015, se constatou que 347 blanquetas foram danificadas. Com instalação do sistema de monitoramento, ainda que no período experimental foi possível concluir que o sistema é viável, e permitiu zerar a troca de blanquetas motivadas pela ruptura do papel na torre a qual estava inserido. De posse desses dados, a empresa programou para o segundo semestre de 2016, a instalação do sistema de monitoramento em todas as unidades de impressão.

PAPER BREAK SENSING SYSTEM IN PRINTER OFFSET

Abstract

The application of *offset* printing machines is extensive in the industry. Thus, some studies have reported strategies for the diagnosis and fault these machines. This paper proposes a sensing system for paper break detection *offset* printers in the graphic editor of the park Folha de Londrina, using photoelectric sensors which will interrupt the screening and prevent corrective maintenance. Experimental results are presented to validate the proposed work.

Keywords: breaking paper, offset, sensor

REFERENCIAS

HIGASHI, M, E. **Modelagem da Bobina de Rogowski Para Medidas de Pulsos de Corrente Elétrica**. 2006. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

Impressora Goss Community Disponível em: www.rollersales.com/gosscom.asp, Acesso em 13 jun. 2016

LINO, Lucas **O que é um sensor fotoelétrico?** Disponível em: http://www.digel.com.br/novosite/index.php?option=com_content&view=article&catid=42&id=66&Itemid=69. Aceso em 09 mar.2016

MAZZAROPPI, Marcelo **Sensores de Movimento e presença**, trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Federal do Rio de janeiro – Escola Politécnica, Rio de janeiro 2007.

ROSSI FILHO, Sérgio. **Manual para solução de problemas em impressão offset**, 02 ed (digital).São Paulo,2009.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. **Sensores Industriais - Fundamentos e Aplicações**, editora Erica, São Paulo, 2007.

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM DISPOSITIVOS *ANDROID™* POR COMUNICAÇÃO *ETHERNET*

CLAUDIO HENRIQUE MATEUS¹
PAULO BRONIERA JUNIOR²

Resumo

A automação residencial é uma área a qual tem atraído um número crescente de pessoas. Está ligada ao controle e automação de residências, tendo como objetivos principais oferecer um maior conforto e maior segurança quando comparado aos métodos tradicionais já utilizados. Deste modo, vários estudos têm apresentado estratégias para o controle e automação de residências. Assim, este trabalho propõe o estudo e a implementação de um sistema de automação residencial com acionamento remoto por meio de rede *Ethernet*. A metodologia aplicada consiste em uma abordagem capaz de acionar ambientes de uma residência de forma remota, por meio de dispositivos *Android™* conectados a *web*. A proposta é validada por meio de ensaios experimentais aplicados ao acionamento de ambientes de uma maquete. Para o acionamento dos ambientes serão utilizados relés de potência conectados a um microcontrolador.

Palavras-chave: Microcontrolador. Automação residencial. Acionamento remoto.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescente desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas na área de automação industrial, a migração destas tecnologias para as residências vem se tornando cada vez mais comum, de modo a atender um mercado consumidor exigente na busca por conforto, segurança e eficiência energética (AURESIDE, 2014).

¹ Discente; Tecnólogo em Manutenção Industrial; Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina; claudio.mateus26@hotmail.com

² Docente; da Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina; paulo.broneira@pr.senai.br

A automação residencial oferece a opção de acionar setores de uma residência tais como irrigação de jardins, iluminação, bombeamento de piscinas, abertura de tetos solares, por dispositivos remotos, sem a necessidade de estar presente no referido ambiente. Para que isto seja possível, se faz necessário a utilização de um padrão de comunicação entre o dispositivo móvel (transmissor) e o sistema embarcado (receptor) responsável pelo acionamento dos equipamentos.

Segundo Morimoto (2008) e Cruz (2009), as comunicações entre dispositivos eletrônicos podem ser realizadas por meio de redes de comunicação tais como *Ethernet*, *bluetooth* entre outros. Dentre os métodos citados, *Ethernet* é destaque por ser a tecnologia LAN mais utilizada. Assim possibilita a troca de informação entre dispositivos a longas distâncias, conectados a *WEB*.

O trabalho de Pereira (2006) apresenta um sistema de gerenciamento remoto para reduzir desperdícios de energia elétrica, principalmente direcionados para ar condicionados e iluminação, considerando condomínios prediais.

Beghini (2013) demonstra um sistema com mecanismo de alimentação canina por internet, onde o mesmo fica interligado a um microcontrolador e outros componentes limitando a quantidade correta para alimentação do animal.

A proposta deste trabalho consiste em acionar ambientes de uma maquete por meio de uma comunicação entre um dispositivo *Android*TM e um *Arduino*. Vale ressaltar que o aplicativo utilizado no *Android*TM foi desenvolvido exclusivamente para este trabalho.

2. SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Para implementação de um sistema de automação residencial, utiliza-se basicamente um elemento que processe, module e transmite dados e que possua interface com o usuário, um elemento que recebe dados, processe e controla o acionamento de cargas com relé de acionamento conectados em suas saídas para o acionamento de cargas, e um padrão de comunicação entre os referidos elementos para transmissão e recepção de dados.

Como elementos transmissores, pode-se utilizar os *Smartphones*, controles de rádio frequência entre outros. Como elemento receptor, tem-se os microcontroladores, CLP entre outros.

Segundo Dias e Pizzolato (2004), os sistemas mais utilizados como elemento transmissor para comunicação entre dispositivos são os

Smartphones. Este fato ocorre devido ao referido dispositivo permitir conexões portáteis a longas distâncias por meio da internet, desde que no local haja conexão disponível.

Como elemento receptor, destacam-se os microcontroladores, os quais possuem um custo relativamente baixo, com programação simples e rápida, conectam com dispositivos sem fio e fazem acionamentos de cargas por meio de elementos como os relés.

A Figura 1 apresenta um esquema de automação residencial. Este sistema é constituído por um *Smartphone*, um roteador *wireless*, uma placa *Arduino*, uma placa *Shield Ethernet* e componentes como fechadura elétrica, iluminação, ventilador, que podem ser acionados através deste sistema.

Figura 1 – Esquema de automação residencial



Fonte: Do autor (2016).

No caso do esquema representado na Figura 1, o usuário do sistema envia uma instrução por meio do *Smartphone* conectado à internet para roteador *wireless*, que está interligado com a placa *Shield Ethernet* por meio do cabo *Patch Cord*, ou seja, cabo utilizado para ligação entre equipamentos para transmissão de dados, e acoplado com a placa *Shield Ethernet* e *Arduino*. Este, por sua vez, processa os sinais recebidos e envia os comandos para os relés, acionando os componentes da residência.

Neste trabalho, será implementado um sistema de automação residencial conforme o esquema apresentado na Figura 1. Entretanto, o sistema citado será dedicado ao acionamento remoto de cargas em uma maquete. Assim, nas próximas subseções serão apresentadas uma breve revisão dos dispositivos que compõe o sistema de automação desenvolvido.

2.1 Smartphones

Os *Smartphones* não são apenas telefones simples, podem ser considerados até mesmo como um computador. São dispositivos que agregam funções de comunicação móvel, e este acesso móvel está ligado à comunicação através da internet que pode ser de alta velocidade e com grande abrangência.

Morimoto (2008) divide os *Smartphones* em duas classes, a primeira como celulares e a segunda como assistentes pessoais, que podem ter conexões 3G, 4G ou Wi-Fi, devido seus diversos aplicativos disponíveis que podem ser inseridos conforme cada necessidade.

Devido a esta possibilidade de inserir aplicativos nos *Smartphones*, foi desenvolvido um aplicativo para fazer esta integração entre o *Smartphone*, representado na maquete por um *Tablet*, e o sistema de automação.

2.2 Padrão de comunicação Ethernet

Protocolo *Ethernet* é o conjunto de tecnologias para rede local, e podem ser localizadas em locais como residências, escritórios, empresas, ou seja, locais com equipamentos que utilizam placas de rede, cabos, sendo eles padronizados de acordo com o protocolo ethernet. Estes padrões compreendem variantes de cabeamento para a transmissão de sinal, operando nas duas primeiras camadas, de um total de sete do modelo *OSI (Open Systems Interconnection)*.

Na primeira camada, conhecida com a camada física, é onde ocorre a transmissão de sinal, toda a parte física e a frequência com que os dados são enviados.

Na segunda camada do modelo *OSI*, definida como camada Enlace, ou do termo inglês *Data Link Layer*, é o responsável por traduzir as informações da camada de rede em *bits* para que então sejam enviadas pela camada física. Essa camada é dividida em duas subcamadas, o Controle de acesso ao meio (MAC) e o Controle de Link Lógico (LLC). Nessa camada,

as informações são formatadas em *Frames* (quadros), contendo endereços de origem e destino dos dispositivos onde serão encaminhados.

A subcamada MAC informa como os dados serão colocados no meio físico, sua ordem, e que quadros serão enviados, definindo qual o endereço físico do dispositivo, ou conhecido como endereço MAC.

A outra subcamada LLC, deve conhecer qual protocolo estará atuando na camada de rede, quando o *host* recebe o quadro, o cabeçalho presente nesta subcamada, informara onde o quadro será destinado, podendo ter também o controle de fluxo e a sequência de *bits* de controle. Esta camada faz a interface da parte física da rede, ou seja, a primeira camada do modelo *OSI*, para a parte lógica, onde recebe estes *bits*, transforma para *bytes*, e posteriormente para *Frames*, e envia para as camadas superiores, fazendo também o processo inverso para que possam ser enviadas pelo meio físico.

O padrão *Ethernet* é definido pelo IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos), sendo este responsável pela padronização desta tecnologia, e o comitê 802.3, é o responsável pela padronização do protocolo *Ethernet*, ou seja, todos os equipamentos que possuem dispositivos *Ethernet*, eles comunicam entre eles seguindo este padrão.

Com este padrão de *Ethernet*, outros dispositivos como os microcontroladores ficaram mais acessíveis por serem menores e de fácil utilização.

Segundo Morimoto (2008) a comunicação *Ethernet* é utilizada apenas nas redes cabeadas, por outro lado, as redes sem fio são conhecidas por redes *wireless*, redes *Wi-Fi* ou redes 802.11g ou 802.11n.

Neste trabalho, a comunicação *Ethernet* está sendo utilizada após o roteador *wireless*, na comunicação com o *Shield Ethernet*, seguindo os padrões especificados pelo modelo *OSI*.

Para comunicação entre o *Smartphone* e o roteador *wireless*, será utilizado a comunicação de redes sem fio, ou também conhecida como redes *Wi-Fi*, as redes *wireless* 802.11. O padrão de comunicação IEEE 802.11, atua na primeira camada do modelo *OSI*, definido para redes sem fio.

2.3 Microcontroladores

Um microcontrolador pode ser considerado como um pequeno computador em um sistema integrado, e contém núcleo processador, memória e periféricos, podendo ser de entrada e saída programáveis. A memória do programa pode ser em forma de *flash* ou OTP ROM (*One-Time Programmable Read-Only Memory*), e as vezes é incluída no chip com uma quantidade com capacidade de armazenamento pequena de memória RAM (*Random Access Memory*), (SATO, 2010).

Este circuito integrado possui um microprocessador com periféricos essenciais para o funcionamento, como a memória do programa ROM, a memória de dados RAM e dispositivos que fazem a entrada e saída fazendo a comunicação da memória com os pinos externos do microcontrolador.

Os microcontroladores podem ser classificados pela quantidade de memória interna, ocupados pelo programa e pelos dados inseridos, velocidade de processar informações, quantidade de pinos de entrada e saída, tipo de alimentação e periféricos. Neste trabalho será utilizado um microcontrolador da família ATMEL implementado na plataforma *Arduino*.

2.3.1 *Arduino*

O *Arduino* é uma plataforma de desenvolvimento de sistemas embarcados baseado em microcontroladores, com componentes eletrônicos acoplados em uma placa impressa, sua interface permite a comunicação com computadores para a sua programação. Conectados a esta placa pode-se ligar circuitos externos, como sensores, relés, motores entre outros. Seu *software* de programação é de domínio público, podendo ser copiados e alterados por outras pessoas conforme o projeto desejado.

A programação é feita por intermédio do *software Arduino (IDE)*, com a linguagem de programação *Arduino*, pode ser desenvolvida em computadores que possuem sistema operacional *Windows*, *Linux* e *Macintosh*, e inseridas as informações no microcontrolador, por meio de cabo de conexão USB, entre o computador conectado ao *Arduino*.

É definido por duas partes: a placa de circuito impresso com o microcontrolador e o aplicativo na memória do microcontrolador, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Modelo de placa *Arduino*



Fonte: *Arduino* (2016).

2.4 Sensores

Os sensores são elementos que sentem uma grandeza física, possuem algumas características de tensão, capacitância ou resistência elétrica, que é dependente da grandeza a ser medida. Os sensores que não tem a interferência humana para serem acionados, podem ser os sensores de luminosidade, temperatura ambiente, sensor de umidade, sensor de fumaça, sensor infravermelho, sensor de chuva, entre outros.

Neste trabalho, os sensores utilizados são responsáveis por enviar informações das condições do ambiente externo ao *Arduino*, o qual irá executar as instruções já determinadas. Tem-se o sensor de umidade e temperatura e o sensor que detecta chuva. Dentre eles, pode-se destacar o sensor de umidade e temperatura DHT11 como elemento resistivo do tipo NTC, o qual tem resposta rápida de leitura.

2.4.1 Sensor de temperatura DHT11

Sensor designado a fazer a leitura em tempo real da temperatura ambiente. Este modelo especificamente, executa a medição com faixa de 0 a 50 °C com tolerância de $\pm 2\%$. Este sensor, através de um microcontrolador interno, faz a leitura dos dados obtidos no ambiente e se comunica com o

Arduino através de um sinal serial. Na tabela 1, podemos verificar as suas especificações técnicas.

Tabela 1 – Especificações do sensor de temperatura

Características	Dados
Modelo	DHT11
Alimentação	3 a 5,5 V
Faixa de leitura	0 °C a 50 °C
Precisão	+/- 2 °C
Corrente de trabalho	0,5 mA a 2,5 mA
Distância transmissão	Até 20 metros
Intervalo entre medições	1 s

Fonte: Do autor (2016).

2.4.2 Sensor de umidade DHT11

Sensores de umidade são componentes que fazem a medição da porcentagem (%) da água que está presente no ambiente. O sensor DHT11 será o responsável pela coleta de dados da umidade relativa do ar, executando a medição em uma faixa de 20 a 90%, com tolerância de $\pm 5,0\%$, podendo transmitir sinais até 20 metros, conforme demonstrado na Tabela 2.

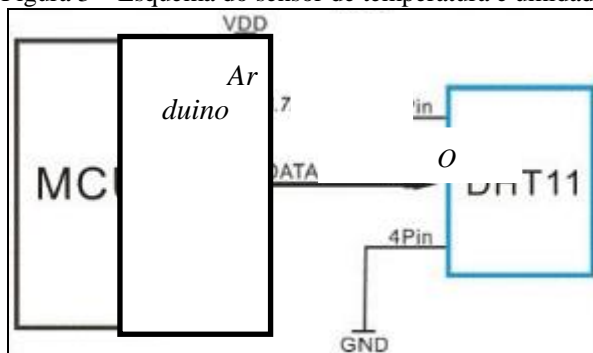
Tabela 2 – Especificações sensor de umidade

Características	Dados
Modelo	DHT11
Alimentação	3 a 5,5 V
Faixa de leitura	20% à 90%
Precisão	+/- 5%
Corrente de trabalho	0,5 mA à 2,5 mA
Distância transmissão	Até 20 metros
Intervalo entre medições	1 s

Fonte: Do autor (2016).

Neste projeto será utilizado o sensor de umidade e de temperatura no mesmo componente. O modelo DHT11 permite estas coletas dos dados simultaneamente e envia através de um condutor de sinal através da comunicação *One Wire*, ou seja, a comunicação através de um fio, conforme demonstrado no esquema na Figura 3, e o modelo deste pode-se observar na Figura 4.

Figura 3 – Esquema do sensor de temperatura e umidade



Fonte: Do autor (2016).

Figura 4 – Sensor de temperatura e umidade



Fonte: Arduino (2016).

2.4.3 Sensor para detectar a chuva

Outro elemento importante é o sensor de água com a função de monitorar as condições climáticas das áreas que tem contato externo, este sensor ao detectar presença de água poderá executar o fechamento de janelas, portas ou telhados retráteis, em dias que ocorrem chuvas. Este modelo de sensor podemos verificar na Figura 5.

Figura 5 – Sensor de detecção de chuva



Fonte: Arduino (2016).

Este sensor detecta a presença de água através de seus condutores paralelos que entram em curto, convertendo o sinal e enviando através da comunicação *One Wire*. Quando o sensor estiver seco, sua saída fica em estado alto (HI), ou seja, sua saída fica com uma tensão de 5 V, e quando é acionado através da água, sua saída fica em estado baixo (LO) com uma tensão de 0 V. Pode-se observar na Tabela 3 as especificações do sensor de chuva com todas as características técnicas.

Tabela 3 – Especificações sensor de detecção de chuva

Características	Dados
Marca	Funduino
Alimentação	3 a 5 V
Corrente de trabalho	20 mA
Tensão de saída	0 ~2.3 V
Temperatura de operação	10 °C à 30 °C
Umidade	10% à 90%
Tipo de sensor	Analógico
Área de detecção	40x16 mm
Dimensões (CxL)	60x20 mm

Fonte: Do autor (2016).

Nota-se que este sensor analógico trabalha com uma área útil de detecção de 40x16 mm, tendo como corrente de trabalho 20 mA e a faixa de umidade fica entre 10% até 90%.

2.5 Relés

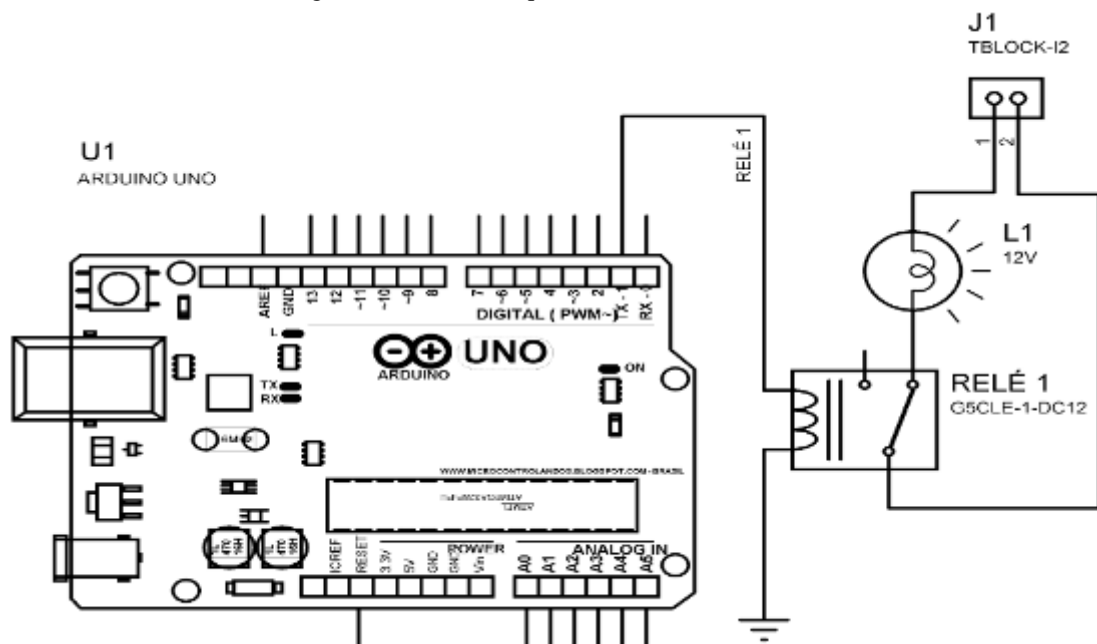
O relé é um dispositivo que adequa o nível de tensão de saída, no caso deste trabalho um microcontrolador, para a tensão de uma determinada carga, através de elementos eletromecânicos e semicondutores.

Para Cunha (2009), o módulo relé é considerado um interruptor eletromecânico, quando é acionado através de uma tensão, no caso do *Arduino* 3,3 V a 5 V, é gerado um campo magnético alterando o circuito interno e sendo possível acionar lâmpadas, motores e demais equipamentos da residência, acionados pelo *Arduino*.

Seu funcionamento tem como característica um contato interno e uma bobina, e quando a corrente passa por essa bobina é gerado um campo magnético e atrai um pino interno fechando o contato, no modelo SRD-

05VDC-SL-C utilizado neste trabalho, é possível acionar cargas com até 250 V de até 10 A. Seu funcionamento pode ser exemplificado conforme o circuito esquemático da Figura 6.

Figura 6 – Circuito esquemático do acionamento



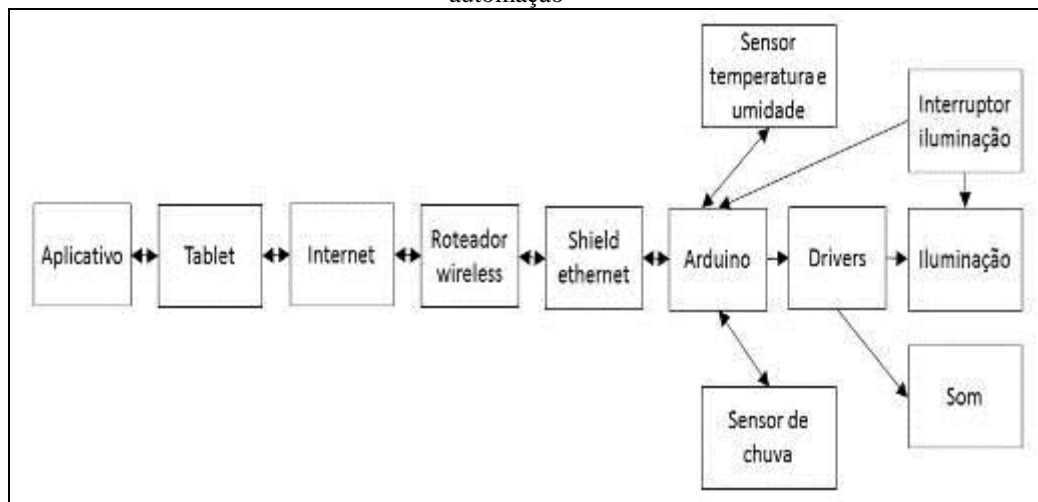
Fonte: Do autor (2016).

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Implementação do sistema de automação residencial

Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema de automação residencial, que foi aplicado a uma maquete de demonstração. O sistema é constituído da comunicação de um aplicativo instalado em um dispositivo móvel, que faz o acionamento da iluminação e do som, controla a temperatura, umidade e monitora ocorrência de chuva na maquete de demonstração, com componentes que fazem parte do sistema como, roteador sem fio, *Shield Ethernet*, *Arduino* e relés. A Figura 7 apresenta um diagrama em blocos do sistema de automação implementado no trabalho.

Figura 7 – Diagrama de blocos do sistema de automação



Fonte: Do autor (2016).

Por meio da estrutura proposta no diagrama da Figura 7, pode-se acionar a iluminação de ambientes distintos de uma residência, bem como monitorar a temperatura, umidade e presença de chuva em locais que se faça necessário, tais como jardins, área de piscina e etc.

Para o acionamento da iluminação de ambientes, o usuário envia um sinal de comando para o *Arduino*, por meio do aplicativo de interface instalado em um dispositivo móvel, conectado a uma rede sem fio. O *Arduino*, por sua vez, recebe o sinal de comando, por meio de um *Shield Ethernet* conectado a um roteador *wireless*, e o envia para um dispositivo relé que atua como interruptor paralelo de iluminação.

Para o monitoramento de temperatura, umidade e presença de chuva, o sensor envia um sinal de comando para o *Arduino* por meio da comunicação *One Wire*, onde este comando é processado pelo microcontrolador, no caso do sensor de temperatura e umidade o mesmo envia o status para o dispositivo móvel e no caso do sensor de presença de chuva é enviado um sinal para o dispositivo relé, para acionar um eventual fechamento de uma janela.

3.2 Implementação do sistema de automação residencial proposto em uma maquete dedicada

O sistema de automação descrito pelo diagrama da Figura 7, foi implementado em uma maquete construída exclusivamente para este trabalho. Para validação do sistema, foi realizada a comunicação *wireless* entre um *Tablet* da marca Genesis modelo GT-7304 e um *Arduino Uno*. Os dispositivos utilizados para a comunicação entre os referidos elementos foram um roteador *wireless* da marca TP-LINK modelo TL-WR841ND e um *Shield Ethernet* modelo W5100.

Os relés e sensores utilizados no sistema de automação são modelos comerciais, os quais são citados na seção 2 deste trabalho. O aplicativo de interface com o usuário foi desenvolvido exclusivamente para este trabalho e é apresentado nas subseções a seguir. A Tabela 4 apresenta um resumo dos componentes utilizados no sistema de automação.

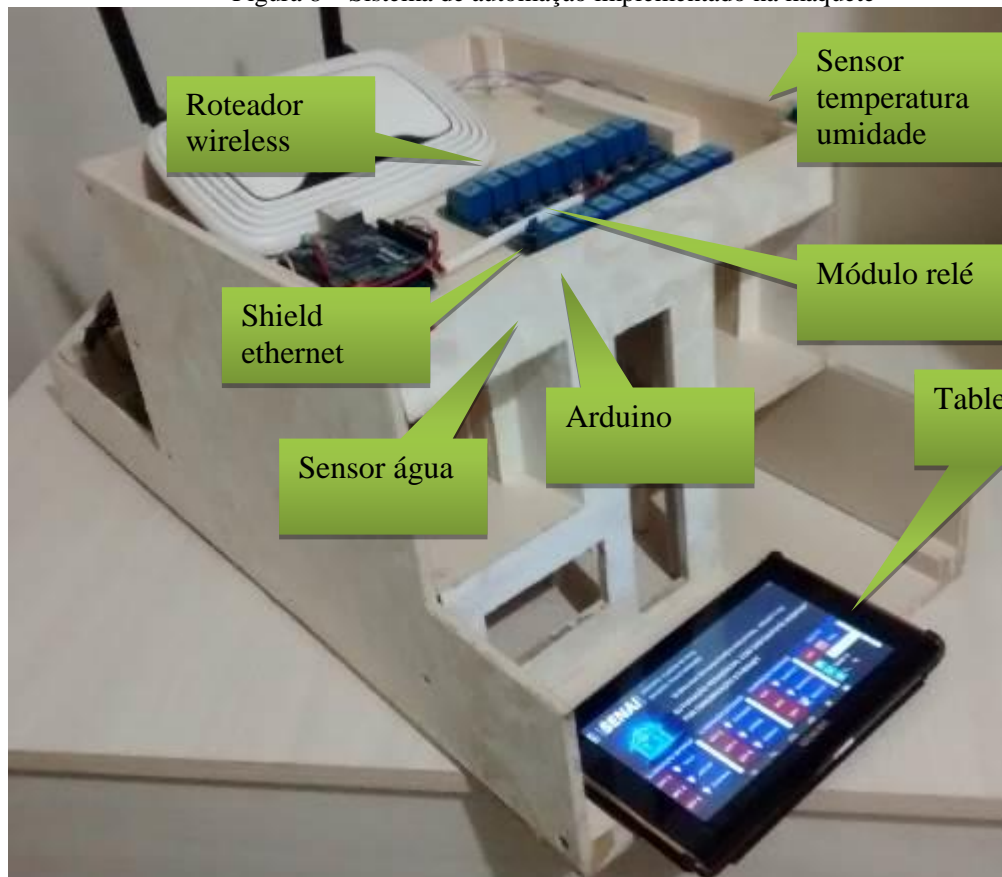
Tabela 4 – Componentes utilizados

Quantidade	Componente	Modelo
01	<i>Tablet</i>	GT-7304
01	<i>Arduino</i>	UNO
01	Roteador <i>wireless</i>	TL-WR841ND
01	<i>Shield Ethernet</i>	W5100
01	Sensor temperatura e umidade	DTH11
01	Sensor de detecção de chuva	Funduino
01	Módulo relé	SRD-05VDC-SL-C

Fonte: Do autor (2016).

Com a utilização dos componentes citados na Tabela 4, foram implementados acionamento de iluminação de 9 ambientes da maquete, acionamento de som ambiente, bem como o monitoramento de temperatura e humidade do ambiente interno e monitoramento de existência de chuva por meio de um sensor dedicado ao proposito acoplado no telhado da maquete. A Figura 8 ilustra o sistema de automação implementado na maquete proposta.

Figura 8 – Sistema de automação implementado na maquete



Fonte: Do autor (2016).

3.2.1 Aplicativo de interface

Para este trabalho, foi desenvolvido um aplicativo de interface para ser utilizado de forma intuitiva e simples.

O mesmo fará o acionamento dos componentes, e também o gerenciamento do *status* da residência, ou seja, é possível acompanhar em tempo real os itens acionados pelo *Tablet* ou acionados fisicamente, e também o *status* dos sensores de temperatura, umidade e de chuva.

Na Figura 9 pode-se visualizar a tela do aplicativo.

Figura 9 – A tela do aplicativo



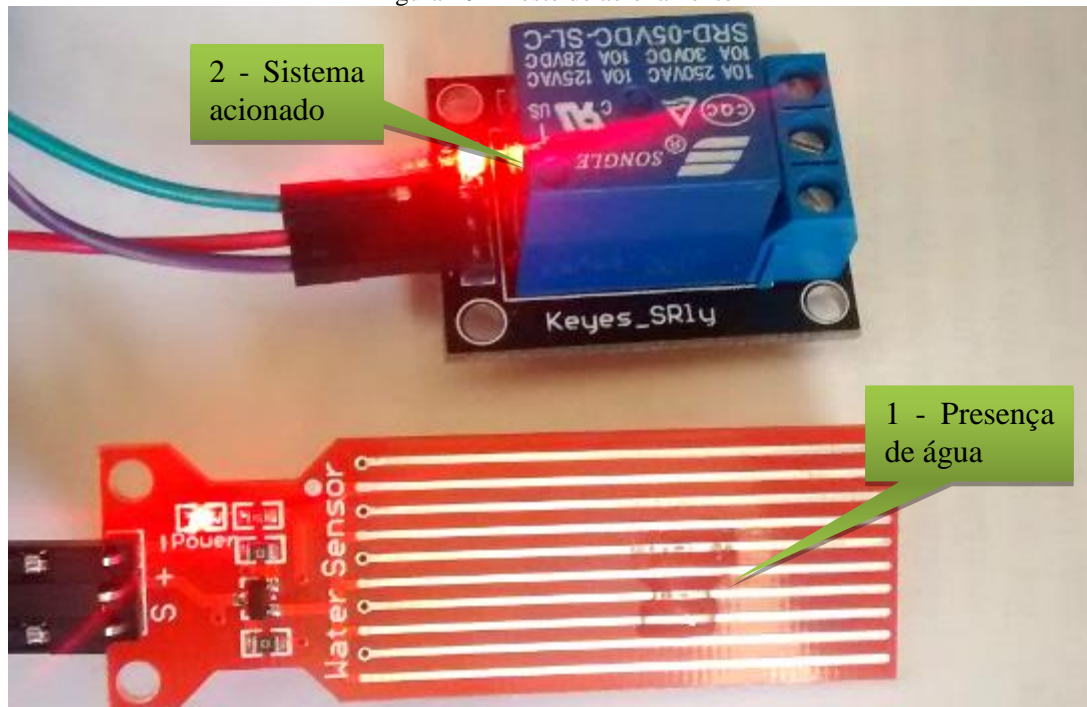
Fonte: Do autor (2016).

O aplicativo foi desenvolvido por meio do *software* Delphi XE6 e pode ser utilizado em dispositivos moveis tais como *Tablet* e *Smartphone*. O mesmo possui o acionamento dos ambientes do piso inferior como iluminação da garagem, jardim, sala de jantar, cozinha, piscina, e no piso superior a iluminação do quarto 1, quarto 2, quarto 3, sala de estar e som ambiente da sala de estar, e monitoramento do ambiente interno e externo.

3.2.2 Acionamento do ambiente da maquete

Para efeito de teste, o ambiente externo foi acionado e monitorado através do sensor de existência de chuva. Na observação 1 da Figura 10, temos a presença de água no sensor, na observação 2, o relé é acionado, demonstrando o seu funcionamento.

Figura 10 – Teste de acionamento



Fonte: Do autor (2016).

Após o acionamento do sensor de presença de água, o *Arduino* processa a informação recebida e envia um sinal para o *Tablet* demonstrando o status do acionamento, ou seja, na cor verde está acionado com a presença de água, e na cor vermelha não tem a presença de água, conforme demonstrada na Figura 11.

Figura 11 – Status do acionamento no *Tablet*



Fonte: Do autor (2016).

4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a proposta de um modelo de automação residencial com aplicação em uma maquete, controlando e monitorando remotamente dispositivos de uma residência. Para isso foram utilizados conceitos de elétrica, eletrônica, internet, programação de microcontrolador e desenvolvimento de aplicativo. O desenvolvimento deste aplicativo foi fundamental para facilitar a utilização do usuário final de forma simples e intuitiva.

O resultado da simulação na maquete demonstra a quantidade de ambientes que é possível controlar, todavia, como sugestão para trabalhos futuros, este projeto pode ser estendido para outros tipos de controles e monitoramentos da residência.

HOME AUTOMATION WITH ANDROID™ DEVICES THROUGH ETHERNET COMMUNICATION

Abstract

The home automation is an area which has attracted a growing number of people. It is connected to the control and automation of homes, with the main objective to offer greater comfort and increased safety when compared to traditional methods already used. Thus, several studies have presented strategies for the control and automation of homes. This work proposes the study and implementation of a home automation system with remote activation via Ethernet communication. The methodology consists of an approach to trigger environments of a remotely residence through Android™ devices connected to the web. The proposal is validated by experimental tests applied to drive a model environments. To drive the environments power relays will be used connected to a microcontroller.

Keywords: Microcontroller. Home automation. Remote start.

5. REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E PREDIAL. 2014. Disponível em: <http://www.aureside.org.br>; Acessado em: 24/04/2015.

BEGHINI, Lucas Bragazza. **Automação Residencial de baixo custo por meio de dispositivos móveis com sistema operacional *Android***. 2013. 76 f. Trabalho de conclusão de curso (Departamento de Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2013.

PEREIRA, Kleber Elias. **Sistema de Monitoramento de Iluminação Predial via *Web***. 2006. 57 f. Trabalho de conclusão de curso (Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas) - Universidade do Planalto Catarinense, Lages, SC, 2006.

SATO, Thiago Kenji Batisti. **Sistema Automotivo de Notificação de Acidente**. 2010. 47 f. Trabalho de conclusão de curso (Departamento de Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2010.

CRUZ, Renan pontes. **Desenvolvimento de um Sistema de Supervisão Via *Web* Aplicado à Automação Residencial**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia da Computação e Automação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2009.

DIAS, César Luiz de Azevedo ; PIZZOLATO, Nélio Domingues. **Domótica, Aplicabilidade e Sistemas de Automação Residencial**. 2004. 32 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niteroi, RJ, 2004.

CUNHA, Livia. **Os Guardiões da Instalação**. Revista Portal O Setor Elétrico, 39ª Ed. São Paulo: Atitude Editorial, 2009.

MORIMOTO, Carlos Eduardo. Padrões *Ethernet*. In: MORIMOTO, Carlos Eduardo. **Redes, Guia Prático**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Sul Editora, 2008. p. 3-4.

ESTUDO DA CORROSÃO EM DUTOS DE AÇO CARBONO E AÇO GALVANIZADO EM MEIOS ACIDOS COM E SEM PROTEÇÃO CATÓDICA

ARTHUR AVADI¹
ADRIANA GISELI LEITE CARVALHO²
ISMAEL RODRIGUES AMADOR³

Resumo

A conscientização da importância que se deve dar à proteção anticorrosiva tem aumentado significativamente no meio técnico. A corrosão não é um fato consumado, pois hoje tem-se o conhecimento da maior parte dos fenômenos que a originam, possibilitando evitá-los. Em um projeto industrial os materiais construtivos, o desenho, os inibidores para água de resfriamento, os sistemas de pintura adequados e a proteção catódica possibilitam a redução das manutenções e da degradação de estruturas e máquinas evitando assim paradas para troca de peças ou de equipamentos corroídos, além da preservação da energia e do meio ambiente. O objetivo dessa pesquisa é obter uma compreensão maior sobre as técnicas contra corrosão. A metodologia aplicada para o desenvolvimento deste artigo foi a coleta de dados através de pesquisa bibliográfica por meio eletrônico tendo como resultado a constatação da importância dos revestimentos e da aplicação da proteção catódica, além da compreensão das técnicas contra a corrosão.

Palavras-chave: Duto de aço. Revestimento. Corrosão. Proteção catódica.

1 INTRODUÇÃO

1 Discente Graduando em Tecnologia em Manutenção Industrial, Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; arthurecelia@hotmail.com

2 Docente Mestre; Faculdade de Tecnologia SENAI de Londrina; adriana.carvalho@pr.senai.br

3 Docente Mestre; Faculdade Estadual de Londrina UEL; ir.amador@hotmail.com

É notória a degradação do metal por corrosão e que a necessidade de proteção é um fato antigo que provem desde sua descoberta. O ouro e a prata são metais preciosos que a milhares de anos são usados para fabricação de joias e moedas, pois são isento à corrosão ou por ter corrosão menos acentuada em comparação a outros metais em sua condição natural.

Colunas de ferro em Délhi (Índia) foram forjadas em meados do século IV e são resistentes a exposição em condições normais na atmosfera até hoje. Ainda vigas utilizadas na construção do Templo do Sol em Konarak datado do século XII foram utilizadas para resistir á água salgada do mar (RAMANATHAN, 1988). Uma das formas de proteção é através do revestimento que contribui para diminuir a ação da corrosão nos metais, fato conhecido desde o século XII.

Na idade média, compostos orgânicos adicionados a ácidos decapantes tais como o fermento e farelo de farinha foram utilizados na intenção de prevenir a oxidação e fragilização do metal por decapagem, processo esse que visa remoção de impurezas inorgânicas como carepas de laminação, crosta de fundição e incrustações superficiais.

Entre os diferentes métodos utilizados para o controle da corrosão e um dos mais empregados é a proteção catódica, o cientista Sir Humphrey Davy usou a proteção catódica para resolver a corrosão do cobre que revestia o casco de madeira dos navios de guerra de sua Majestade que faziam viagens longas entre a Inglaterra e a Índia no começo do século XIX. Em meados deste período, o cientista inglês, físico e químico Michael Faraday e demais pesquisadores observavam a resistência à corrosão do ferro ligado com cromo (RAMANATHAN, 1988);

Segundo Dutra e Nunes (1987) o processo de controle da corrosão de um modo geral por proteção catódica emprega-se associado ao uso de revestimentos protetores reduzindo de forma considerável a área exposta á corrosão, assim diminuindo-se a intensidade da corrente para a proteção de uma estrutura. Os revestimentos empregados junto com a proteção catódica em diversos tipos de equipamentos e estruturas apresentam os mais variados graus de eficiência durante a vida útil.

Visto algumas observações e métodos no controle da corrosão conhecido pelo homem, nota-se um esforço organizado para conter esse fenômeno que somente na Revolução Industrial, com a difusão tecnológica, é que diferentes produtos como aços inoxidáveis e inibidores anticorrosivos foram disponibilizados (RAMANATHAN, 1988).

Segundo Gentil (2007), entre as inúmeras aplicações de estruturas metálicas de grande porte, como gasodutos, óleo dutos, plataforma de

petróleo, entre outros, muitas vezes se apresentam enterradas ou submersas, tonando-se mais propensa a ocorrências de fenômenos corrosivos. Comumente dutos são feitos de aço carbono, um material de valor relativamente barato e com uma série de propriedades que atendem a diversas aplicações, refletindo o seu emprego em diversas áreas. Em contra partida, o aço carbono apresenta baixa resistência à corrosão, devido a este motivo sempre está associado a revestimentos e sistemas de proteção catódica.

O fenômeno da corrosão é uma falha que implica nas mais variadas atividades um impacto severo na confiabilidade, na manutenção e no custo de estruturas metálicas e sistemas de escoamento por dutos (KAPPS, 2012).

A importância de se evitar a corrosão define-se em dois aspectos principais, o primeiro é o econômico e o segundo aspecto está relacionado com a preservação de reservas minerais evitando-se a degradação do metal a sua reposição é desnecessária (DUTRA, 1987).

Diante do exposto, estudos literários, artigos e dissertações, o fenômeno da corrosão em tubos de aço em meios ácidos, com e sem proteção catódica será compreendido, e o conhecimento para evitá-lo através de técnicas de revestimento e proteção catódica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Porque evitar a corrosão

Segundo Davis (2000), estudos concluíram que o setor automobilístico, foi o que mais se empenhou contra os efeitos da corrosão. Grandes avanços foram realizados na utilização de aços inoxidáveis, metais revestidos e acabamentos mais eficientes. Várias substituições de materiais feitos principalmente por razões de redução de peso também reduziram os efeitos da corrosão. As análises estimam que 15% dos custos de corrosão anteriormente inevitáveis podem ser revistos como evitáveis. Adicionalmente, estima-se ter eliminado 35% da corrosão pela melhoria das práticas. Ao examinar os setores da indústria aérea, de oleodutos e de construção naval, as análises indicaram que, em muitos casos, o uso de materiais mais caros reduz a necessidade de reparos relacionados à corrosão ou repintura. Em geral, pensou-se que para a economia americana outras aplicações em veículos motorizados e aero naves, os custos totais da corrosão teriam sido reduzido em 5%, porem a redução do custos foram inevitáveis 2%. Análises atuais mostram que em 1995 o custo total de corrosão metálica

foi reduzida por alguns em 14%, ou 4,2% do PIB. Corrosão evitável, era 40% do total, está agora estimada em 35%, mas ainda responde por pouco mais de US\$100 bilhões por ano. Este valor representa o custo anual para a economia, que pode ser reduzido aumentando e difundindo as aplicações de materiais resistentes a corrosão, melhorando as práticas de prevenção da corrosão, e investindo em investigações relacionadas com a corrosão.

A partir de 1949, os EUA estudam o transtorno da corrosão do ponto de vista econômico. No entanto, somente com o início do movimento ecológico, nos anos 1970, que isso passou a ser uma precaução mundial. Assim sendo, o número de estudos aumentou, desde então, difundindo-se por países como Japão e Reino Unido. Em 2001, a CC Technologies Laboratories, a Nace International, conhecida como a Sociedade da Corrosão, e o Federal Highway (FHWA), que administra as rodovias norte-americanas, elaboraram estudos mais detalhados sobre a influência da corrosão na economia dos EUA. A conclusão só confirmou a suposição de que a corrosão é uma das maiores dificuldades enfrentadas pela indústria. Só neste país os custos relacionados à corrosão consumiam, há dez anos, cerca de 3% do PIB, algo em torno de US\$ 400 bilhões, em valores atuais. Globalmente, os estudos em diferentes países têm chegado a resultados semelhantes, custos variáveis entre 1 % e 5% do PIB. No Brasil, os gastos podem chegar a cerca de US\$ 10 bilhões, grande parte na indústria petrolífera. Nas grandes estruturas navais utilizadas pelas companhias de petróleo, a corrosão é uma das principais responsáveis pelos desastres ambientais que são os derramamentos de óleo no mar. Quando não são ocasionados por falha humana, esses desastres inevitavelmente são obra de estruturas comprometidas pela corrosão.

Por causa disso é uma das maiores preocupações das companhias de petróleo. Além do fator ambiental, elas podem ter grandes prejuízos financeiros causados pela corrosão (DIÁRIO DO COMÉRCIO, 2008).

Visto as perdas financeiras e prejuízos ao meio ambiente temos em mente o quanto é importante o combate à corrosão e que é preciso compreender como ela se origina.

2.2 Corrosão

Para compreender o fenômeno da corrosão, é necessário entender como ela ocorre, em diversas literaturas é definida como sendo a deterioração de um material metálico, seja por processo químico ou eletroquímico no meio ambiente. Assim, o “fenômeno da corrosão acontece com todos os metais de

liga, diferenciando apenas o grau, mas não em natureza” (RAMANATHAN, 1988, p. 17).

Segundo Cecchini (1990) corrosão é a ação química que o meio ambiente exerce sobre o material, tornando-o imprestável para vários usos, como por exemplo, na construção civil, na mecânica, nos meios de transporte, nos processos industriais, etc.

A corrosão pode ser classificada em dois grupos, aquosa e seca. Neste caso com interesse de estudo em meio aquoso, “a corrosão aquosa com certeza é de natureza eletroquímica o que significa que existe corrente elétrica de uma área para outra em determinada estrutura metálica percorrendo em solução eletrólito conduzindo eletricidade” (RAMANATHAN, 1988, p. 17).

O fenômeno eletroquímico pode ser observado nas reações ocorridas no metal:

As reações de corrosão envolvem basicamente ânodos, cátodos e eletrólitos. O ânodo e o cátodo podem consistir de dois metais diferentes, ou áreas diferentes do mesmo metal. Durante a corrosão, há essencialmente dois tipos de reações ocorrendo: a reação anódica, que ocorre no ânodo, e a reação catódica, que ocorre no cátodo. A reação anódica consiste em o átomo metálico deixar o metal para formar íons do metal no eletrólito. (RAMANATHAN, 1988, p. 18)

Este fato é chamado de reação de dissolução onde, os átomos se movimentam para outra parte na superfície do metal migrando para outro.

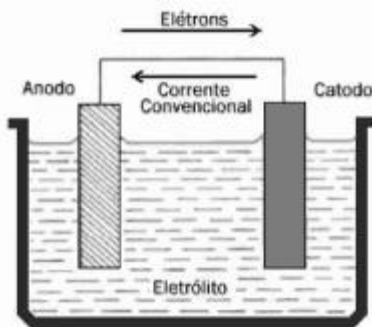
Quando ocorre a corrosão aquosa, há a formação de íons metálicos e liberação de elétrons na região do ânodo, onde se dá a oxidação, ou corrosão, ou deterioração do metal e simultaneamente, na região do cátodo, há o consumo de todos os elétrons (que foram produzidos na região anódica) e redução dos íons do eletrólito, isto é, a neutralização dos íons hidrogênio ou formação de íons carregados negativamente. Portanto a corrosão ocorre apenas no ânodo (RAMANATHAN, 1988, p. 19).

Vale lembrar que “a reação de corrosão nem sempre necessita ser a dissolução do metal, pode também ser a formação de óxido ou hidróxido, qual destas duas reações de corrosão ocorrerá, depende do metal e PH da solução aquosa” (RAMANATHAN, 1988, p. 19).

A aparição de pilha de corrosão é a consequência da diferença de potenciais de eletrodos em dois pontos na superfície do metal em contato com o eletrólito, denominando de pilha ou célula eletroquímica (DUTRA,

1987). A figura 1 apresenta um diagrama de uma pilha de corrosão eletroquímica.

Figura 1- Diagrama de uma pilha de corrosão eletroquímica.



Fonte: Kapps (2012 p.26).

Segundo Dutra (1987), a corrosão de natureza eletroquímica são denominadas conforme as condições em que se transformam condição natural do meio corrosivo, com tipos de metais e até mesmo com a aparência da corrosão.

O processo corrosivo pode ocorrer de variadas formas, neste trabalho será feita uma abordagem dos principais tipos de corrosão, baseado nos autores Dutra (1987), Gentil (2007), Cecchine (1990), apresentado no quadro 1 que demonstra os principais tipos de corrosão.

Quadro 1- Principais tipos de Corrosão.

Principais Tipos	Características
Corrosão Galvânica	Dois materiais metálicos e com diferentes potenciais em contato com eletrólito resultam em uma diferença de potencial ocorrendo transferência de elétrons havendo então corrosão. Neste tipo de corrosão a intensidade será maior, quando os materiais na tabela de potenciais eletroquímico estiverem mais distantes, considerando o eletrólito. As áreas anódicas e catódicas terão grande influência dependendo da relação, esta relação deverá ser a maior possível a fim de que o desgaste do material seja menor e mais uniforme na área anódica.
Corrosão por Frestas ou Crévice	Os metais sofrem corrosão devido a aeração diferencial e por concentração diferencial. Originam-se nas frestas de juntas de chapas soldadas, arrebentadas e parafusadas em flanges e ligações roscadas entre outros.

Corrosão Atmosférica	Relacionado a processos de estruturas aéreas, o grau de intensidade está ligado com a umidade relativa do ar mais os teores de sais e do teor de gases poluentes na atmosfera em especial o gás de enxofre. A corrosividade é influenciada por outros fatores como chuva, partículas sólidas em suspensão e ventos.
----------------------	---

Principais Tipos	Características
Corrosão pelo Solo	Característico em estruturas subterrâneas, como tubulações, estacas metálicas, cabos de transmissão de energia e de telecomunicações, tanques enterrados, e outros. O nível de corrosão resulta do teor de umidade, do tipo da composição química e do pH do solo. Um solo de baixa resistividade é mais agressivo, possui umidade permanente e sais minerais dissolvidos, enquanto que um solo de resistividade elevada é menos agressivo, possui menos umidade e sais minerais dissolvidos. Outros fatores podem influenciar: a permeabilidade do solo, presença de bactérias e poluentes.
Corrosão pela Água	Notado em estruturas em contato com meios aquosos, como estacas de píer, tubulações submersas, embarcações, instalações de água de refrigeração, instalações de geração de vapor e instalações de tratamento e distribuição de água. Nas estruturas submersas em água doce as taxas de corrosão dependem da quantidade de sais, ácidos ou bases dissolvidos. As estruturas submersas em água salgada estão sujeitas a amplas taxas de corrosão, que poderão ainda ser aumentadas pela presença de poluentes.
Corrosão Eletrolítica	São ações corrosivas de natureza eletroquímica, causados em estruturas metálicas enterradas ou submersas, visto como consequência de um fluxo indesejável de corrente contínua dissipada no eletrólito. As disposições mais sujeitas a este tipo de ataque são os oleodutos, adutoras, cabos elétricos e cabos de comunicações enterrados.

Fonte: DUTRA (1987).

2.3 Formas de corrosão

As formas segundo as quais a corrosão consegue tornar-se visível são decididas, sobretudo pelo aspecto da face corroída, descrito nos autores Dutra (1987) o quadro 2 apresenta as principais formas que isto acontece, bem como o aspecto da face corroída.

Quadro 2- Aspectos da Face Corroída.

Formas	Aspecto da Face Corroída
Corrosão Uniforme	A degradação do metal se confere de modo quase constante em toda a face agredida, é comum em metais que não desenvolvem camadas protetoras

	como decorrência da agressão.
Corrosão por Placas	Desenvolvem-se em placas que se soltam gradativamente, comum em metais que formam película inicialmente protetora mas que, ao se tornarem densas, quebram e perdem aderência, revelando o metal a novo ataque.
Corrosão Alveolar	Desgaste sob efeito localizado com a aparência de crateras, utilizado em metais formadores de películas semi-protetora ou quando se tem corrosão sob depósito, como no caso da corrosão por aeração diferencial.
Corrosão por Pite	Comum em metais geradores de camadas protetoras, comumente passivas, que, sob a ação de certos agentes agressivos, são eliminadas em pontos situados, os quais tornam-se ativos, acarretando uma degradação muito forte.

Fonte: DUTRA (1987).

Gentil (2007), afirma que a corrosão intergranular e transgranular não são visíveis a olho nu, são observados com o auxílio do microscópio examinando-se a face do material. A corrosão intergranular é observada o processo entre os contornos dos grãos e a transgranular com o surgimento sob formato de rachaduras com ação nos grãos da rede cristalina do material, ambos quando solicitados a esforços mecânicos acarretando fratura do material, tendo-se corrosão sob tensão fraturante (CTF).

A corrosão cresce de forma porcentual conforme a degeneração analisada na superfície metálica. A estimativa adequada das porcentagens degradativas do metal é, de maneira genérica, de ampla relevância para a limitação da vida útil admissível de equipamentos e disposições industriais. As estimativas percentuais de corrosão podem ser expressos por meio da diminuição de espessura do material por unidade de tempo, em mm/ano ou em perda de massa por unidade de área, por unidade de tempo, por exemplo mg/dm²/dia (mdd) (DUTRA 1987).

2.4 Principais tipos de defesa contra corrosão

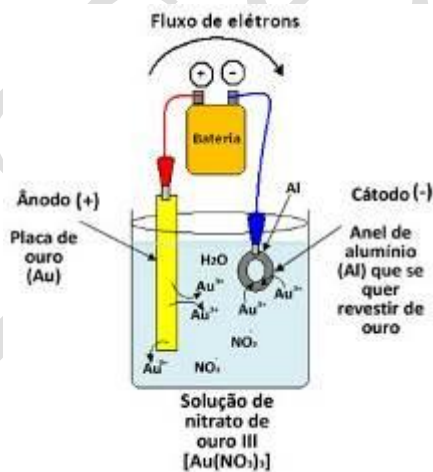
Visando formas de defesa contra a corrosão “a ação protetiva contra a corrosão dos metais ferrosos emprega-se técnicas simples de revestimento na peça como tintas, esmaltes, óxidos e outros metais” (FOGAÇA, 2015).

No cotidiano, a técnica do revestimento comumente utilizado é o revestimento com o zarcão para peças metálicas, como portões, grades, janelas, entre outros. Como uma tinta, o zarcão é um revestimento constituído de uma suspensão oleosa de tetróxido de chumbo (Pb₃O₄), com ótima adesão ao metal por ser um óxido insolúvel. Seu desempenho é de prevenir o contato do ferro com o oxigênio do ar. A película protetora que recobre o metal, sofrer algum tipo de dano como riscos ou mesmo sofrer

desgaste com o passar do tempo, o mesmo sofrerá oxidação, exigindo manutenção periódica. Desejando-se maior eficácia, o revestimento pode ser feito com a aplicação de polímeros, um exemplo popular são as folhas de flandres utilizadas para embalagens de conserva de alimentos, compostas de uma lâmina de aço e recobertas de estanho e polímero no seu interior. Outro método de revestimento é a galvanoplastia ou eletrodeposição metálica, processo em que se recobre a superfície de um material metálico utilizando outro metal mais nobre, sendo menos reativo e menos propenso à corrosão (FOGAÇA, 2015).

A Figura 2 apresenta um esquema de uma douração, ou galvanoplastia em que se cobre um objeto metálico com ouro, o ânodo de ouro sofre oxidação, compondo os íons Au^{3+} que migram para o cátodo, cobrindo a peça metálica.

Figura 2- Galvanoplastia ou eletrodeposição de ouro sobre um anel de alumínio.



Fonte: Mundo Educação (2015).

Ao cobrir uma peça de ferro ou de aço com zinco, institui um processo chamado de galvanização. Os materiais obtidos nesses processos são chamados de ferro galvanizado e aço galvanizado. Um metal muito utilizado é o aço inoxidável consiste em uma liga metálica especial fabricada com 74% de aço, 18% de cromo e 8% de níquel, possui como propriedade principal o fato de não enferrujar. Metais como o cromo e o níquel desenvolvem óxidos insolúveis que resguardam o aço do oxigênio e da umidade atmosférica. Utilizados na produção de utensílios domésticos, como

talheres e painéis, e insumos para indústria, construção civil, peças automotivas etc. Contudo, é um material caro, e sua aplicação também é limitada (FOGAÇA, 2015).

2.5 Proteção catódica

Diversas técnicas contra a corrosão destacando-se das demais é a técnica da proteção catódica, no qual elimina por completo o processo de corrosão, fazendo com que o material metálico se torne imune ao ataque por tempo indeterminado. Método este muito difundido no Brasil e de sucesso mundial no combate a corrosão de estruturas metálicas subterrâneas e submersas em contato com eletrólitos.

A função da proteção catódica é eliminar, por processo artificial as áreas anódicas em sua superfície modificando sua estrutura fazendo que ela adquira um comportamento catódico. Alterando o seu comportamento, o fluxo de corrente elétrica deixa de existir e a corrosão é eliminada (GENTIL, 2007).

No processo de proteção catódica existem dois tipos de proteção as duas com o mesmo princípio fundamentado, injeção de corrente elétrica na estrutura, através do eletrólito (DUTRA, 1987).

Esta técnica permite uma excelente imunidade a superfícies metálicas, porém é importante destacar que a proteção catódica associada a superfícies revestidas ela passa a ser muito mais vantajosa.

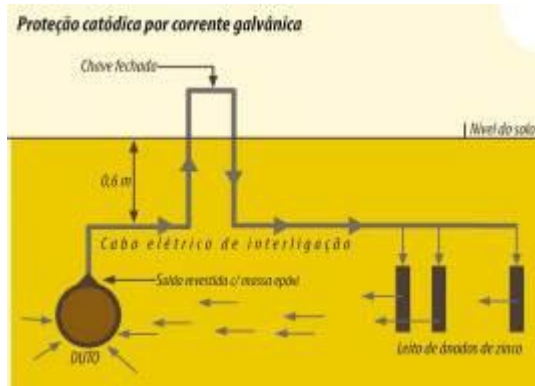
Seguindo os critérios adequados de aplicação irá garantir o potencial de proteção, visto que os mecanismos de proteção estão relacionados como potencial do metal que é reduzido (zona de imunidade) e através do eletrólito adjacente a superfície metálica que impede a reação na superfície do metal.

2.5.1 Proteção catódica galvânica

Na proteção catódica galvânica, a corrente elétrica é provida por uma força eletromotriz que há entre o metal a proteger (ânodo) e o metal a ser protegido (cátodo), como resultado das diferenças de potenciais eletroquímicas.

A figura 3 mostra de forma esquemática este tipo de proteção (DUTRA, 1987).

Figura 3- Proteção catódica por corrente galvânica.



Fonte: Dutra (1999).

Os materiais aplicados como anodos são ligas de Zn, de Mg e de Al, estes materiais estão entre os que apresentam maior diferença de potencial comparados a materiais comumente usados em estruturas a serem protegidas, como aço, e por apresentarem baixíssima características de polarização anódica.

Por serem muito pequenas as diferenças de potenciais galvânicos (em geral 1,2V, dependendo do par considerado) para se ter uma injeção de corrente capaz de proteger a estrutura faz se necessário que toda resistência do circuito seja baixa, esse fato resulta a proteção galvânica eficaz em eletrólitos de baixa resistividade elétrica, como a água do mar e solos de até 6.000 ohm.cm, para anodos de magnésio e zinco torna se mais baixos não excedendo 1500ohm.cm.

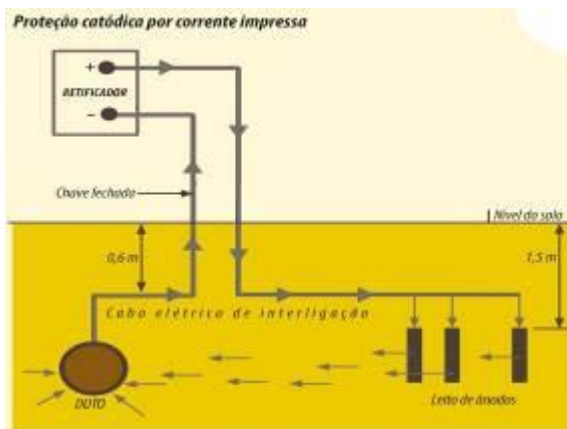
Indicado para estruturas de pequeno porte. Em estruturas de grande porte, a massa de anodo requerida pode ser muito grande. A desvantagem é a reposição dos anodos após o consumo. Apresentam limitações por não serem adequados para estruturas sujeitas a correntes fortes de interferência, e não poder regular a corrente injetada. Sua vantagem é de ser menos sujeita a interrupções em seu funcionamento (DUTRA, 1987).

2.5.2 Proteção catódica por corrente impressa

No sistema de proteção catódica por corrente impressa a corrente elétrica é provida por força eletromotriz (f.e.m) esta fonte de corrente

continua pode ser (retificador, bateria ou gerador), utilizando se de um conjunto dispersor de corrente no eletrólito, constituídos de anodos inertes, chamado de leito de anodos. A figura 4 mostra o esquema de proteção por corrente impressa (DUTRA, 1987).

Figura 4- Proteção Catódica por corrente impressa



Fonte: Dutra (1999).

A vantagem deste sistema está no fato de que a fonte de energia poderá ter a potência desejada, assim como a (f.e.m.) necessitada, em função das condições de resistividade do eletrólito. A proteção catódica por corrente impressa aplica-se a estruturas situadas em eletrólitos de baixa, média alta e altíssima resistividade, indicada para estruturas de médio e grande porte, por ser um sistema compacto e mais econômico, principalmente quando há necessidade de correntes altas para proteção. São apropriados para estruturas sujeitas a correntes de interferência além de permitir através de retificadores, uma gama de regulagens. A corrente alternada é utilizada para alimentação dos retificadores quando possíveis a sua utilização, que convertem a corrente alternada para corrente contínua que é a corrente utilizada no processo da proteção catódica por corrente impressa. Outras fontes podem ser utilizadas, baterias solares, baterias convencionais cata-ventos e geradores. Sua desvantagem é que necessitam de manutenção nos retificadores podendo ocorrer interrupções em seu funcionamento, entretanto as demais partes são projetadas para longos períodos de duração. O leito de anodos de um modo geral constitui-se de anodos inertes instalados em uma configuração

apropriada ao sistema (DUTRA, 1987). Os materiais mais comuns para anodos inertes são apresentados no quadro 3.

Quadro 3- Materiais para anodos inertes e seu uso.

Material do anodo	Para uso em
Grafite	Solos, água doce e água do mar
Ferro-Silício	Solo e água doce
Ferro-Silício-Cromo	Solos, água doce e água do mar
Chumbo-Antimônio-Prata	Água do mar
Titânio Paltinizado	Água do mar
Nióbio Platinizado	Água do mar
Magnetita	Água do mar, água doce e solos

Fonte: DUTRA, (1987)

É importante frisar que no uso da proteção catódica por corrente impressa o polo negativo da fonte de corrente deve estar ligado na estrutura a proteger e o polo positivo ao leito de anodo, observando que estas polaridades não devem ser invertidas sob o risco de corrosão super acelerada na estrutura (DUTRA, 1987).

2.6 Influência dos revestimentos protetores

Por definição segundo o autor Dutra (1987), revestimento protetor é uma barreira entre um metal e o meio corrosivo. No processo de proteção catódica o uso associado com revestimentos protetores reduz a corrosão na superfície exposta, diminuindo a intensidade da corrente necessária a proteção da estrutura. Há relevância na aplicação do revestimento em tubulações enterradas sendo também utilizados em outros tipos de estruturas. Em estruturas submersas, dependendo das suas características poderá ser usado ou não. As tubulações submarinas e os cascos dos navios são exemplos em que o revestimento é utilizado. Apresentando graus de eficiência variados durante a sua vida útil, e para efeito de cálculo de proteção catódica, a tabela 1 apresenta uma relação entre a eficiência do revestimento e a vida útil.

Tabela 1- Eficiência do revestimento e sua vida útil.

Estruturas	Tipo de revestimento	Camada	Aplicação	Vida útil	Eficiência inicial	Eficiência final
Tubulações enterradas ou subterrâneas	com esmalte de piche de carvão	simples		20	95%	90%
	com camada de concreto	duplo	Tubulações submarinas		98%	94%
	com asfalto	simples			90%	60%
		duplo	Não recomendado para tubulação submersa		95%	70%
Tubulações	com tintas epóxi ou betuminosas		Revestimento interno para tubulações	15	80%	70%
	com argamassa de cimento				80%	75%
Fundo de tanque	Base com revestimento betuminoso		Revestimento externo para fundo de tanque	20	60%	50%
Tanque de armazenamento	com sistemas epóxi, betuminoso ou borracha clorada		Revestimento interno para tanque, fundo ou todo o tanque	10	95%	90%
Embarcações	com sistemas epóxi, borracha clorada ou betuminoso.		Cascos das embarcações	4	95%	60%

Fonte: DUTRA, (1987).

É importante que se considere na seleção que o revestimento a ser empregado, em conjunto com a proteção catódica, tenha uma boa resistência às alcalinidades que surgirão no cátodo, assim como sobre a voltagem resultante do processo.

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada para o desenvolvimento deste artigo foi a coleta de dados através de pesquisa bibliográfica obtido por meio eletrônico. As pesquisas foram voltadas para química básica, eletroquímica, fenômenos de corrosão, comportamento mecânico de materiais metálicos, tipos de revestimentos, formas de proteção contra corrosão, entre outros.

Serão evidenciadas as informações obtidas nas pesquisas que foram publicadas por autores no período de 2001 a 2013.

A fim de atender o objetivo principal deste artigo bem como os objetivos específicos, os resultados foram estruturados e apresentados na discussão em forma de tópicos, sendo eles:

- Uso de aços em dutos para Indústria de Petróleo.
- Pintura em ambientes imersos de usinas hidrelétricas utilizando tintas livres de alcatrão de hulha.
- O ensino de corrosão e de técnicas anticorrosivas compatíveis com o meio ambiente.
- Experimentos de baixo custo em corrosão e proteção de dutos de aço em meios ácidos

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentadas as análises dos artigos. A discussão dos artigos selecionados se encontra nas seguintes subseções, conforme as palavras chaves pesquisadas: Duto de aço, Revestimento, Corrosão e Proteção catódica.

4.1 Uso de aço em dutos para indústria de petróleo

De acordo com Oliveira et al. (2013), as limitações do aço carbono como baixa resistência à corrosão e sua grande utilização nas indústrias, principalmente a indústria do petróleo que no transporte é de fundamental importância levou ao conceito da utilização de novos materiais para serem utilizados no revestimento de dutos e o uso crescente do aço inoxidável devido sua resistência mecânica a corrosão.

Tubulações de aço-carbono, para produção e transporte de produtos químicos, proporcionam restrições na sua utilização, destacando-se a sua baixa resistência à corrosão, sob ação de calor, que causa desgaste e falha na

sua operação. Esta corrosão pode ser interna, devido à química do líquido ou gás conduzido, ou externa, devido ao atmosfera em que a tubulação se encontra (Touça, 2003).

Para uma possível solução para esse problema a fabricação de dutos de aço de baixo grau reforçados com camada de material compósito. Ou seja reforçá-los com camadas de materiais de resinas poliméricas e partículas de cerâmica, permitindo que aços menos resistentes apresentem maior resistência a fratura, possibilitando a produção de dutos com elevada resistência mecânica e demais vantagens relacionados com o comportamento próprio de dutos de aço.

A indústria de óleo e gás enfrenta ambientes extremamente agressivos, exigindo materiais com elevada resistência à corrosão e tenacidade, propriedade presente em variados tipos de aço inoxidável. Tubos de revestimento estão condicionados a severidades associadas à concentração de CO_2 tolerando a utilização dos aços inoxidáveis supermatensítico e superduplex por se tratarem de materiais mais adequados no momento.

As conclusões do autor deste artigo foram que ao desenvolver este trabalho pode observar as aplicações dos aços na fabricação dos dutos, sendo analisados os materiais que compõem as propriedades que devem ser levadas em conta na seleção do material e sua importância em sua utilização, não existe um material que seja ideal para este propósito e sim qual o melhor material deverá ser utilizado para aplicação em questão.

4.2 Pintura em ambientes imersos de usinas hidrelétricas utilizando tintas livres de alcatrão de hulha

Segundo Malinowski *et al.* (2013), a proteção do aço contra os meios corrosivos, sejam estes químicos ou de ambientes imersivos em água doce e salgada. A preocupação com o meio ambiente e com a saúde do trabalhador (homen) foi o fator de motivação para comparar duas tecnologias em tintas recomendadas para pinturas em ambientes em que no material fique imerso.

Foram comparadas as tecnologias em tintas coaltar epóxi com uma tecnologia em tinta livre de alcatrão e com baixo teor de compostos orgânicos voláteis. Realizaram-se ensaios em corpos de prova preparados de acordo com Normas da ABNT NBR 10546:1988 (preparação de corpos de prova para ensaios de tintas), Norma ISO 8501:1988 (jateamento abrasivo ao padrão Sa 2½), NBR 13006:1993 que determina o processo de pintura para corpos de prova a serem submetidos a ensaios laboratoriais ou de campo. O ensaio foi realizado de acordo com a Norma NBR 8094:1983 que consiste na

inserção de corpos de prova em uma câmara de névoa salina (salt spray) Em seguida ensaios realizados segundo a Norma ASTM D 3363 que consiste em um método rápido e de baixo custo para a determinação da dureza de filmes de tintas orgânicas. Com a finalidade de determinar a tendência corrosiva das tintas realizou-se um estudo com a técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica em corpos de prova que ficaram em câmaras de névoa salina e de umidade. Os principais resultados do estudo apontam que a tinta com tecnologia livre de alcatrão de hulha tem maior aderência e mantém as propriedades como brilho em relação ao epóxi alcatrão de hulha (coaltar epóxi).

Como resultado da aplicação da técnica de impedância eletroquímica, a tinta com tecnologia livre de alcatrão apresentou resultados similares ao coaltar epóxi. Foram preparados corpos de prova em triplicata de acordo com Normas ABNT e Normas ASTM para ensaios de intemperismo, imersão, tração e dureza.

Foram realizadas medidas de impedância eletroquímica nos corpos de prova expostos em câmaras de névoa salina e de umidade em intervalos de tempo planejados. Como principal conclusão deste trabalho destacam-se as propriedades similares de resistência da tinta Adepoxi HTS, quando comparada com a tinta de tecnologia base alcatrão de hulha Adepoxi Coaltar 41, ambas do fabricante Advance Tintas Industriais. Foi elaborado um resumo dos principais resultados, apresentado no Quadro 4.

Quanto aos ensaios de impedância eletroquímica realizados, pode-se concluir que a tinta Adepoxi HTS pode substituir a tinta com tecnologia alcatrão de hulha com igual teor de proteção anticorrosiva.

Os dois produtos estudados demonstraram ser similares do ponto de vista de tendência corrosiva. Destaca-se que a tinta Adepoxi HTS pode ter uma espessura final seca pós-aplicação de 1000 μ m por demão, enquanto que a tinta com tecnologia base alcatrão não passa da espessura seca de 200 μ m por demão.

Quadro 4: Resumo sobre ensaios normatizados.

Tipo de ensaio e produto	Norma aplicável	Resultados	
		Adepxi HTS	Adepxi Coaltar 41
Resistência à nevoa salina	ABNT NBR 8094:1983	Nenhuma alteração de cor ou presença de corrosão ao longo da incisão.	Corrosão parcial ao longo da incisão.
Resistência a 100% UR	ASTM D 2247	Nenhuma alteração de brilho, cor ou presença de defeitos.	Nenhuma alteração de brilho, cor ou presença de defeitos.
Resistência à imersão em água destilada	ASTM D 870	Nenhuma alteração de brilho, cor ou presença de defeitos.	Leve alteração na cor.
Resistência à imersão em água salgada	ASTM D 1308	Nenhuma alteração de brilho, cor ou presença de defeitos.	Nenhuma alteração de brilho, cor ou presença de defeitos.
Resistência à imersão em H ₂ SO ₄	ASTM D 1308	Nenhuma alteração de brilho, cor ou presença de defeitos.	Nenhuma alteração de brilho, cor ou presença de defeitos.
Aderência à tração MPa	ABNT NBR 15877:2010	Superior a 23 MPa.	Superior a 20 MPa.
Dureza a lápis	ASTM D 3363	6H	6H

Fonte: MALINOWSKI (2013).

4.3 O ensino de corrosão e de técnicas anticorrosivas compatíveis com o meio ambiente

Segundo Mainier; Leta et al. (2001), descrevem um estudo de caso referente à implantação de técnicas anticorrosivas compatíveis com o meio ambiente. Este estudo consiste na tentativa de associar e integrar o conhecimento da corrosão e das técnicas anticorrosivas, no sentido de desenvolver uma abordagem técnico-científica que venha contemplar as idéias geradas e as experiências adquiridas no ensino e na pesquisa destas técnicas. Os experimentos apresentados a seguir visam:

- Facilitar e ampliar a compreensão do processo de corrosão e das técnicas de proteção catódica;
- Despertar no aluno a necessidade do desenvolvimento e do esclarecimento de mecanismos físicoquímicos, envolvidos em cada processo;

- Estimular a busca incessante da inovação tecnológica, através de projetos especiais, e, se necessário romper os rumos dos experimentos tradicionais;
- Formar a consciência técnico-crítica-ambiental.

4.4 Descrição do experimento: proteção catódica por anodos galvânicos

Duas chapas de aço-carbono (20 cm x 20 cm) são fixadas em uma caixa de polipropileno com capacidade de 250 L, contendo água do mar, conforme mostra a Figura 6. A cada chapa é conectado um anodo galvânico (zinco ou alumínio). Um agitador e um borbulhador de ar são adicionados ao sistema, visando a criar a oxigenação no meio corrosivo.

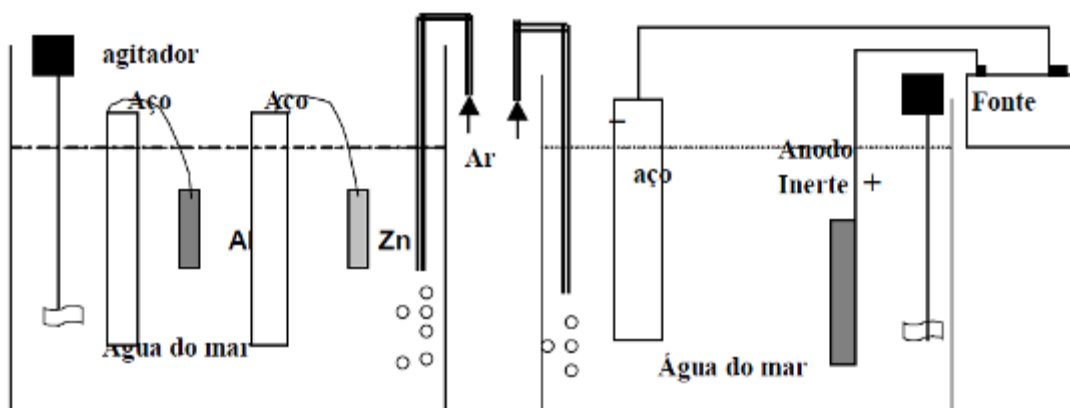
As medidas de potencial devem ser feitas duas vezes por dia, para avaliar a proteção catódica.

4.5 Descrição do experimento: proteção catódica por corrente impressa

Três chapas de aço-carbono (20 cm x 20 cm) são fixadas numa caixa de polietileno, com capacidade para 25 L de água do mar.

As chapas são conectadas ao pólo negativo do retificador de corrente, enquanto o anodo é fixado ao pólo positivo (Figura 5).

Figura 5 - Experimento de proteção Catódica e Galvanica.



Fonte: MAINIER, (2001)

Com base no exposto pode-se concluir que a proteção catódica pode ser considerada uma técnica de preservação ambiental com sucesso quando

utilizada na proteção externa de oleodutos, gasodutos, adutoras e tanques subterrâneos ou apoiados no solo.

4.6 Experimentos de baixo custo em corrosão e proteção de dutos de aço em meios ácidos

Segundo Kapps *et al.* (2012), por meio de análise experimental de baixo investimento, avaliou-se os mecanismos de corrosão que agem em meios ácidos, além de evidenciar os limites de eficácia de revestimentos orgânicos em epóxi e proteção catódica por anodos de sacrifício de magnésio.

O trabalho também registra a preparação necessária para a realização de experimentos eletroquímicos em ambiente laboratorial. A proposta do trabalho experimental em corrosão de aço carbono em meios corrosivos ácidos foi desenvolvida no Centro de Engenharia e Computação da Universidade Católica de Petrópolis.

Por esse motivo, tal abordagem do problema de corrosão em dutos foi eleita por este grupo de pesquisa, iniciando-a mediante a construção progressiva de pequenos ensaios de baixo custo através dos quais ganha-se conhecimento e competência para a lida com processos mais complexos.

Quando cada amostra (material metálico) foi imersa em solução diluída de HCl, ocorreu um processo químico de oxirredução associado à transferência de elétrons. Quando cada amostra foi imersa em solução diluída de HCl sem proteção contra a corrosão, a mesma sofreu um ataque do meio corrosivo.

Kapps *et al.* (2012), conclui que a literatura técnica fomentou suficientemente a compreensão dos mecanismos de corrosão encontrados nos ensaios de corrosão, explicando suas formas, velocidade e intensidade.

Constatou-se que revestimentos orgânicos e anodos de sacrifício reduzem de forma significativa a perda de material por corrosão, embora os primeiros estejam também sujeitos a processos agressivos e difusionais em meios ácidos, que se manifestam, por exemplo, no empolamento e na desagregação dos filmes de revestimento.

Além das observações qualitativas e quantitativas em corrosão que reforçam enormemente o entendimento dos fenômenos, coletaram-se lições aprendidas a partir das dificuldades experimentais e mesmo de alguns insucessos e foram geradas, quando foi possível, soluções de baixo custo para contornar problemas de laboratório.

5 CONCLUSÃO

Através de livros consultados e artigos e dissertações vistos concluiu-se que estas técnicas são possíveis a compressão plena de como deve se evitar o fenômeno da corrosão.

Foi observada a influência dos revestimentos na proteção contra corrosão concluindo-se que é um método eficaz e simples. Em conjunto com a proteção catódica se elimina por completo os efeitos da corrosão. Foi observado também que experimentos como *salt spray* - teste padronizado popular e relativamente barato usado na resistência à corrosão-, pode ser utilizado na falta dos equipamentos para o entendimento das técnicas contra corrosão. Como sugestões para pesquisas futuras recomenda-se experimentos de baixo custo fundados nas normas internacionais e nacionais com materiais comuns de uso na indústria (exemplo: parafusos) e com materiais utilizados em eletrodomésticos.

ANALYSIS OF CORROSION ON CARBON STEEL PIPES AND GALVANIZED STEEL MEANS ACIDS WITH AND WITHOUT CATHODIC PROTECTION

Abstract

The awareness of the importance to be given to the corrosion protection has increased significantly between the technical means of our parents. We should not consider corrosion as an accomplished fact, today we have the knowledge of most of the phenomena that lead, allowing to avoid them. In an industrial design the building materials, the design, the cooling water inhibitors, suitable coating systems and cathodic protection is necessary, allow the reduction of maintenance and degradation of structures and machines thus avoiding unexpected stops for parts replacement or corroded equipment in addition to the preservation of energy and the environment. The objective will be based on articles a greater understanding of the techniques against corrosion. The methodology applied for the development of this product was the collection of data through literature obtained electronically presenting researched information and published by other authors having as conclusion the importance of coatings and application of cathodic protection and understanding of the techniques against corrosion are complex and can be realized low cost experiments for its understanding.

Key-words: Steel duct. Coating. Corrosion. Cathodic protection.

REFERÊNCIAS

CECCHINE, M. A. G. **Proteção Contra Corrosão**. São Paulo: SENAI, 1990. 76 p.

DAVIS, J. R. **Corrosion understanding the basics**. Ohio: ASM INTERNACIONAL, 2000. 517 p.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. <http://www.diariodocomercio.com.br/>. **Diário do Comércio**, 2008. Disponível em: <http://www.diariodocomercio.com.br/noticia.php?tit=os_danos_da_corrosao_na_economia_&id=101214>. Acesso em: 30 jun. 2016.

DUTRA, A. C.; NUNES, L. D. P. Proteção Catódica. In: DUTRA, A. C.; NUNES, L. D. P. **Proteção Catódica Técnica de Combate à Corrosão**. 1º ed. RIO DE JANEIRO: Editora Técnica Ltda, 1987. p. 202.

FOGAÇA, J. R. V. Proteção dos metais contra corrosão. **Mundo educação**, Goiânia, 2015. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/protecao-dos-metais-contracorrosao.htm>>. Acesso em: 6 dez. 2015.

GENTIL, V. **Corrosão**. 5º ed. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos, 2007. 360 p.

MAINIER, F. B.; LETA, F. R. O ensino de corrosão e de técnicas anticorrosivas compatíveis com o meio ambiente. **http://www.abenge.org.br**, Niterói, p. p.7, 8 ago. 2001. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2001/trabalhos/EMA002.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

MALINOWSKI, S. A. Pintura em ambientes imersos de usinas hidrelétricas utilizando tintas livres de alcatrão de hulha. **http://sistemas.lactec.org.br**, Curitiba, p. p.123, 28 ago. 2013. Disponível em: <<http://sistemas.lactec.org.br/mestrado/dissertacoes/SandroMalinowski.html>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

OLIVEIRA, D. S. et al. <http://www.saviesa.org.br>. **Instituto Saviesa**, Campina Grande, p. p.28, 5 set. 2013. Disponível em:

BANCADA DIDÁTICA PARA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE SELO MECÂNICO E GAXETA

<KLEBER BETTEGA>¹
<EDUARDO COSTA ESTAMBASSE>²

Resumo

O desenvolvimento deste equipamento refere-se a um dispositivo para coleta de dados na utilização de selos mecânicos e gaxetas. Em particular este equipamento será utilizado para monitoramento de dispositivos de vedação de fluídos com sistema de rotação em sistemas de bombeamento e agitação, onde o fluído é utilizado para pressão ou até mesmo movimentação dos mesmos. O dispositivo é usado para determinar vida útil dos seus componentes e será utilizado por fabricantes e fornecedores de sistemas de vedação. Ainda neste equipamento podem-se coletar informações e dados para modelagem matemática e inteligência artificial.

Palavras-chave: Selos mecânicos. Gaxetas. Sistemas de vedação.

1 INTRODUÇÃO

O sistema de vedação de fluidos descrito por este trabalho é configurado de modo que sua ação de vedação possa ser constantemente melhorada, a coleta dos dados gerados dará subsídios para a constante necessidade das empresas, e também abre oportunidades para diversos modelos de pesquisas sempre com vistas à melhoria dos seus produtos. Os sistemas devem desempenhar soluções que atendam a esta demanda (“Efficient mechanical seals aid reliability”, World Pumps Magazine, maio 2015).

¹ Graduação - Faculdade Tecnologia Senai Londrina, kleberbettega@gmail.com.

² Doutorando - Faculdade Tecnologia Senai Londrina, eduardo.estambasse@pr.senai.br.

As vedações por selos mecânicos são amplamente utilizadas em sistemas rotativos e de bombeamento com a finalidade de impedir vazamentos que são indesejados ao longo do processo produtivo e fornecem uma condição ideal para trabalhos com fluídos e gases. Este sistema impede que sejam lançados ao meio ambiente com possíveis contaminantes, bem como a economia com desperdícios de vazamentos que ocorrem em outros processos. (NYEMECK; LEDAUPHIN, 2015). Os selos mecânicos podem se comportar de diversas maneiras quando submetidos aos choques de temperaturas e outros intemperles (LAMBERT, 1996).

1 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Vedação

Os tipos de vedação podem ser divididos em duas formas:

- a) Estáticas; (juntas)
- b) Dinâmicas; (labirintos, roscas sem fim, e as com contato, que podem ser radiais ou axiais sendo retentores e gaxetas e os selos mecânicos).

A Figura 1 mostra um selo mecânico convencional, utilizado industrialmente para vedação.

Figura 1-Selo mecânico convencional



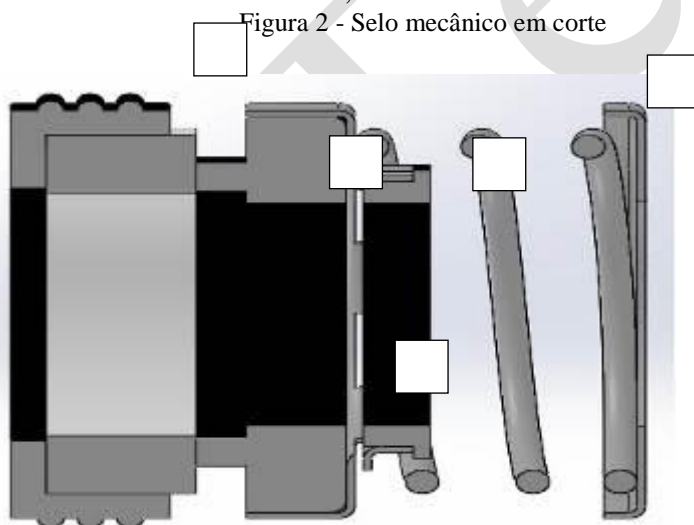
Fonte: dos Autores (2016).

2.2 Selo Mecânico

Componente responsável pela vedação de fluidos sob pressão em reservatórios que podem ser estáticos ou girantes, o qual possuem eixos que atravessam seu corpo.

É composto por elementos rotativos que estão fixados ao eixo, com a parte estática fixada à caixa chamada de alojamento. Possuem faces de vedação que são construídas de cerâmicas, tungstênio, silício, grafite etc. estes são considerados como elementos principais, os demais anéis orings, cunhas, mola, teflon podem ser considerados como elementos secundários. Basicamente os selos são compostos dos seguintes componentes que podem ser vistos na Figura 2:

- 1- face de contato;
- 2- Contra anel de face;
- 3- Vedações;
- 4- Mola;
- 5- Anel de arrasto;



Fonte: dos Autores (2016)

Com relação às formas de montagem dos selos mecânicos são divididas em dois grupos principais:

- a) conjunto de compensação rotativo com sede estacionaria; e
- b) conjunto de compensação estacionaria e sede rotativa.

Os selos ainda podem apresentar diversas vantagens com relação à utilização de sistemas de vedações por gaxetas:

- a) possui maior tempo médio entre falha se considerado a outros sistemas de vedação;
- b) reduz o custo de implantação através da eliminação de perdas de produtos e manutenção;
- c) não necessita de manutenção; e
- d) confiança na segurança quando se retém produtos perigosos.

2.3 Gaxetas

As gaxetas são partes importantes das bombas, mas devido ao seu processo de construção e montagem podem oferecer desvantagens, impedindo o funcionamento satisfatório do sistema. Também é componente que tem a finalidade de impedir o vazamento do fluido para o meio, porém, as mesmas necessitam de vazamento para sua própria lubrificação, podem ainda danificar a luva de sacrifício, bem como o aumento do consumo devido aos apertos conforme (MATTOS, EDSON EZEQUIEL DE, 1998).

Os sistemas de vedação por gaxetas requerem manutenção constante, apertos e monitoramento dos vazamentos, que por sua vez podem causar danos aos equipamentos em função do escape de produtos, que podem ser corrosivos e perigosos.

As gaxetas são fabricadas dos seguintes materiais:

- Algodão;
- Juta;
- Nylon;
- Teflon;
- Borracha;
- Alumínio;
- Latão e cobre;
- Carbono.

Após a confecção da gaxeta, elas são impregnadas com materiais como sebo, grafite, óleo, silicone e mica com a finalidade de torná-las auto lubrificadas. Podem ser construídas de quatro tipos diferentes, conforme Figura 3.

É imprescindível o vazamento com sistemas de gaxetas, de acordo com a necessidade, ou seja, caso ocorra um aquecimento excessivo, deve se proceder com o aumento do vazamento do fluido com a finalidade de lubrificação e refrigeração do conjunto, tal procedimento faz com que minimize o desgaste do eixo, em contra partida aumenta o desperdício do produto a ser vedado.

Figura 3 - Diferentes tipos de gaxetas.

Gaxeta Tipo Corda



Gaxeta Labial



Gaxetas de Compressão



Gaxetas de Chevron



Fonte: dos Autores (2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho consiste em uma pesquisa experimental, com o desenvolvimento de um projeto e a construção de um dispositivo para testes de gaxetas e selos mecânicos. Em princípio, para a construção do equipamento de testes será feita análise dos principais tipos de sistemas de vedação utilizados na indústria. O dispositivo para coleta dos dados tem o objetivo de replicar exatamente equipamentos industriais.

A confecção do projeto se dará utilizando o *software* gráfico *Solidworks* para a construção dos desenhos do equipamento. Dessa forma é possível detalhar todas as etapas da construção do projeto, bem como a simulação de posicionamento dos componentes, e ainda verificar possíveis falhas.

O equipamento projetado é capaz de monitorar vazamentos. Dos dois tipos de vedação, gaxetas e selo mecânico. Também é possível atender a solicitações como vazamentos sob pressão, ou contaminações por vazamento

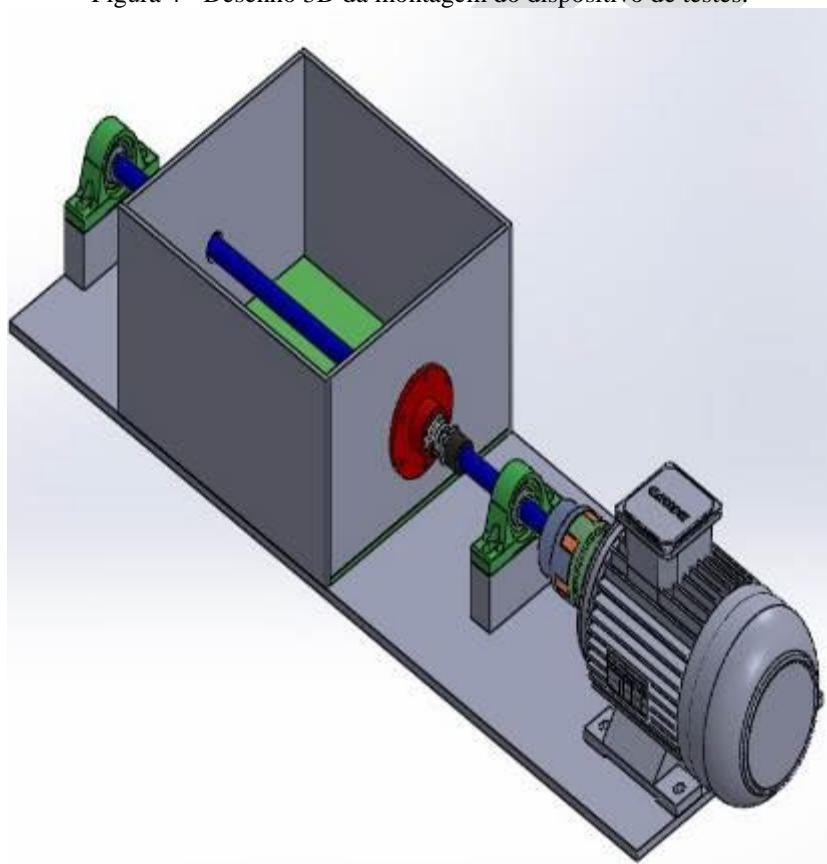
de vácuo. Outro fator que pode ser analisado em sistemas de vedação utilizando este dispositivo é a condição de temperatura dos componentes.

Será possível acoplar outros dispositivos a esse equipamento, como é o caso de um Inversor de Frequência que pode ser utilizado para variação da velocidade de rotação do eixo.

Uma pesquisa bibliográfica dos sistemas de vedação em equipamentos rotativos analisando as diversas formas existentes, funcionalidades e características de cada tipo de equipamento e sistemas de vedação fundamentará o estudo proposto.

A Figura 4 ilustra a montagem do equipamento desenhado no *Solidworks*. O equipamento possui uma tampa e poderá ter fluido sob pressão. Pode-se também experimentar sistemas de vedação com a utilização de vácuo.

Figura 4 - Desenho 3D da montagem do dispositivo de testes.



Fonte: dos Autores (2016).

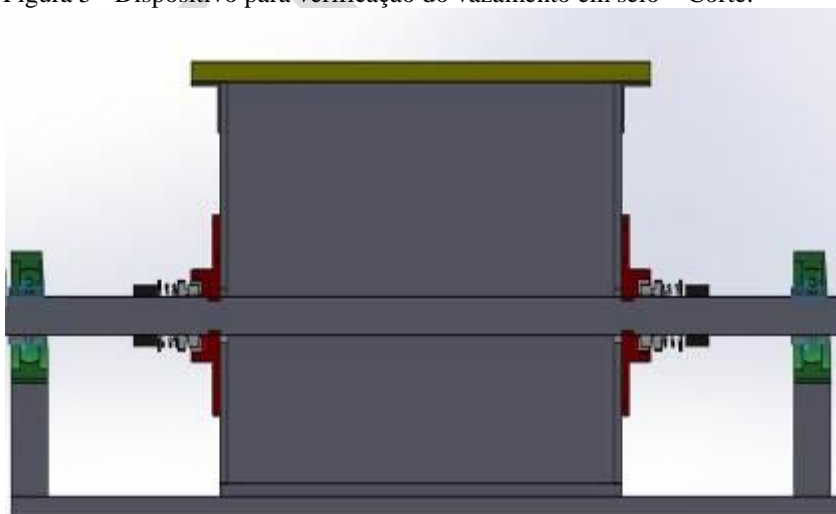
O equipamento é constituído por um motor de corrente alternada com 1 CV de potência tipo Dahlander, sendo acionado por um disjuntor de proteção. “Um acoplamento elástico de garras faz a ligação do motor ao eixo trefilado de aço SAE 1045 nas dimensões de 3/4” de diâmetro por 1000 mm de comprimento. O eixo será suportado por dois mancais tipo P 204.

A “caixa reservatório foi construída de chapas 1/4 em aço SAE 1020”, podendo ser hermética para os experimentos de pressão e vácuo, possuindo em suas extremidades furos passantes de 24 mm para passagem do eixo de simulação.

Na lateral será acoplado um flange que simula o alojamento de gaxetas ou selos mecânicos, podendo ser substituído de acordo com a necessidade do experimento. Os flanges são fixados por parafusos e possuem um anel tipo o-ring de vedação.

Neste dispositivo será montada a configuração de análise de vazamentos em selos mecânicos. Neste caso utilizaremos dois selos um de cada lado da caixa conforme a figura 5.

Figura 5 - Dispositivo para verificação do vazamento em selo – Corte.



Fonte: dos Autores (2016).

Para análise do vazamento consideramos a possibilidade da ocorrência de duas falhas:

1) vazamento que causa mudança nos processos do fluido ao qual o sistema se propõe a vedar; e

2) contaminação do meio ambiente proveniente de vazamento.

Diante das duas formas de falhas apresentadas, adotaremos a segunda como um critério para análise do experimento.

De acordo com Quixadá (2014) é possível efetuar o cálculo do vazamento do selo mecânico de acordo com a equação (1):

$$Q = \frac{\pi r_m h^3 \Delta p}{6\mu(r_s - r_i)} \quad 1)$$

Onde:

Q = Vazamento

r_m = Raio médio das faces

r_e = Raio externo das faces

r_i = Raio interno das faces

h = Espessura do filme formado entre as faces

Δp = Diferença de pressão na interface

μ = Viscosidade do líquido

O fator mais importante neste caso é a espessura formada pelo filme do fluido, que é o espaço entre as faces do selo, levando-se em consideração que uma pequena variação neste valor provoca grande alteração no vazamento calculado conforme. (HARUYAMA *et al.*, 2013).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dentro dos procedimentos metodológicos adotados para esta pesquisa, foram seguidos os seguintes passos para o desenvolvimento e coleta dos dados:

1) análise dos dados bibliográficos necessários para o desenvolvimento do protótipo para o experimento;

2) definição dos componentes que serão utilizados para a montagem do sistema de coleta de dados;

3) estratégia de montagem do sistema de vedação utilizado para monitoramento e coleta de dados;

4) verificação dos dados, tabulação dos valores e aplicação dos modelos matemáticos; e

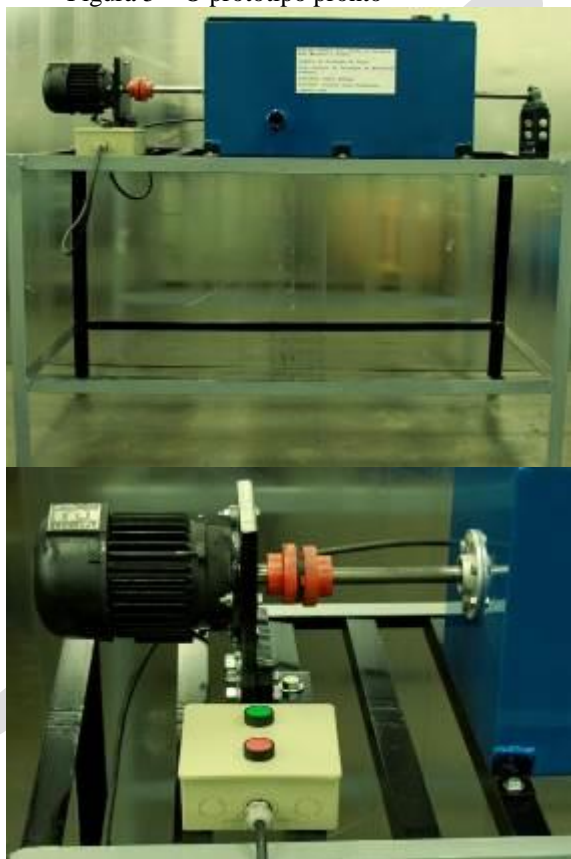
5) apresentação dos resultados.

Utilizando-se da revisão da literatura foi definido um modelo a ser construído que possa dar condições de coleta de dados dos corpos de prova em análise.

De acordo com o tema do trabalho, os resultados do estudo proposto poderão apresentar a real situação dos componentes em aplicação de campo, e os dados podem ser utilizados em modelos matemáticos e simulações de elementos finitos. Os resultados acima descritos aperfeiçoam o dimensionamento dos conjuntos vedantes.

Podem ser também utilizados a fim de precisar a manutenção dos kits de vedação, contribuindo para a minimização dos riscos de contaminação ao meio ambiente e pessoas. A Figura 5 apresenta fotos do protótipo pronto.

Figura 5 – O protótipo pronto



Fonte: dos Autores (2016).

5 CONCLUSÃO

O objetivo principal do projeto foi o desenvolvimento prático da bancada didática. Os testes iniciais foram satisfatórios.

Os objetivos alcançados podem ser resumidos:

- proposta de um projeto, confecção e montagem de um equipamento de simulação para utilização de sistemas de vedação.
- aplicação do cálculo de desperdício de produtos no equipamento em operação.
- possibilidade de efetuar a comparação real do vazamento do fluido no equipamento para o meio externo.
- o dispositivo pode ser configurado de vários modos e atender diversos tipos de sistemas de vedação.
- realizar aquisição e tratamento de sinais para diagnóstico de falhas utilizando I.A. (inteligência artificial).

O equipamento funcionou dentro do planejado, necessitando melhorias para realização de trabalhos futuros.

BENCH FOR TEACHING ANALYSIS OF MECHANICAL SEAL OF EFFICIENCY AND PACKING

Abstract

The development of this equipment refers to a device for collecting data on the use of mechanical seals and gaskets. In particular this equipment is used for monitoring fluid sealing means with rotation in pumping and agitation systems, where fluid pressure is used to or even movement thereof. The device is used to determine useful life of its components and will be used by manufacturers and suppliers sealing systems. Although this equipment can be collected information and data for mathematical modeling and artificial intelligence.

Keywords: Mechanical seals, Gaskets, Sealing systems.

REFERÊNCIAS

MATTOS, EDSON EZEQUIEL DE, R. DE F. **Bombas Industriais**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciencia, 1998.

Efficient mechanical seals aid reliability. **World Pumps**, v. 2015, n. 5, p. 35–37, maio 2015.

HARUYAMA, S. et al. Influence of surface roughness on leakage of new metal gasket. **International Journal of Pressure Vessels and Piping**, v. 111–112, p. 146–154, nov. 2013.

LAMBERT, P. The development of a new generation of split mechanical seals. **Sealing Technology**, v. 1996, n. 32, p. 7, ago. 1996.

NYEMECK, A. P.; LEDAUPHIN, T. Experimental analysis of mechanical seals operating under thermal shock. **Sealing Technology**, v. 2015, n. 2, p. 8–12, fev. 2015.

QUIXADÁ, R. F. **Estudo de selo mecânico para turbinas hidrocínéticas**. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação - Bacharelado. Disponível em: <<http://bdm.unb.br/handle/10483/7396>>. Acesso em: 8 jul. 2015.

ZHANG, J. et al. A numerical simulation of 3-D inner flow in Up-stream Pumping Mechanical Seal*. **Journal of Hydrodynamics, Ser. B**, v. 18, n. 5, p. 572–577, out. 2006.

<<http://www.saviesa.org.br/mapeamento/biblioteca/Use%20de%20acos%20em%20dutos%20para%20industria%20de%20petroleo%202.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

PEREIRA, J. G. M. E. A. M. Materiais de Construção METAIS. **https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2012/05/mci-metais_2010.pdf**, maio 2010. Disponível em:

<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2012/05/mci-metais_2010.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2016.

RAMANATHAN, L. V. Corrosão e seu Controle. In: RAMANATHAN, L. V. **Corrosão e seu Controle**. 3º. ed. [S.l.]: Hemus, 1988. p. 341.

VANESSA KAPPS, A. C. S. A. B. C. REUCP Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis. **http:**

//seer.ucp.br/seer/index.php?journal=REVCEC&page=index, PETRÓPOLIS, p. 38, 29 nov. 2012. Disponível em:

<<http://seer.ucp.br/seer/index.php?journal=REVCEC&page=article&op=view&path%5B%5D=453>>. Acesso em: 2 dez. 2013.

Editora
FACULDADE DE TECNOLOGIA
SENAI LONDRINA - e-Tec- Edição
Especial – Comemorativa ao dia da
Indústria - 2017.