



Desenvolvimento de Sistema de Segurança para Verificação de Escorva do Conjunto Motobomba

Development of Sensors for Checking the Primer of Motor Pump

Alexandre de Castro Salvestro

Angela Maria Picolloto

Lucídio Molina Filho

Jean Paulo Silva Natal

Nelcides Oliveira Junior

Caio Mancini Parlato

Resumo: Diversas empresas, áreas rurais e até mesmo urbanas utilizam de bombas centrífugas para realizar o processo de captação de água em reservatórios localizados em áreas mais baixas, de forma a transportar para cotas superiores. Porém, mesmo com o grande cuidado que os proprietários destes dispositivos tendem a ter com a mesma, muitas destas bombas acabam sendo danificadas por não ter a instalação de um sistema que as impossibilitem de funcionar sem estarem completamente preenchidas de água. Com foco na área de automação, eletrônica e elétrica, este trabalho vem com o objetivo de criar um sistema no qual não permita que os conjuntos motobombas trabalhem sem a condição de estarem escorvados, reduzindo completamente os danos que poderiam ser provocados caso os mesmos continuassem trabalhando a seco. Após o desenvolvimento de todo o projeto obteve-se que é possível, por meio de uma placa de Arduino, realizar o controle funcional destas bombas, controlando-as de acordo com a presença de água pela tubulação significando o estado de escorva de todo o conjunto.

Palavras-chave: bombas centrífugas; escorva; arduino.

Abstract: Several companies, rural and even urban areas use centrifugal pumps to carry out the process of capturing water in reservoirs in lower areas, in order to downstream for higher quotas. However, even with the great care that the owners of these devices tend to have the same, many of these pumps end up being damaged by not having a system installed that make it impossible to function without being completely filled with water. Focused on the area of automation, electronics and electrical, this work aims to create a system where it does not allow the pump sets to work without a condition of being primed, which can be completely caused by the damage that can be caused if they continued to work dry After the development of the entire project obtained, if possible, using an Arduino board, perform the functional control of these pumps, controlling according to the presence of water through the pipe, meaning the priming state of the whole set.

Keywords: motor pumps; primer; arduino.

INTRODUÇÃO

Desde os tempos antigos, a obtenção da água por meios que incluem a captação de poços, lagos e açudes sempre foi um dos grandes problemas perante todo o mundo, principalmente no que se refere em regiões menos beneficiadas que se localizam longe de reservatórios naturais de água. Diante dessas regiões, se viu a necessidade de meios alternativos de conduzir e estocar a água para que ela seja distribuída e utilizada por essas populações. Assim não se pode negar a importância de bombas para condução de fluidos, tanto como água potável, quanto como outros que são comumente vistos em indústrias (Confederação Nacional Da Indústria, 2009).

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (2009), bombas podem ser definidas como aparatos com a função de deslocar um fluido impondo uma aceleração a ele através de uma energia cinética, energia em forma de pressão, ou ambas as duas juntas transmitidas por pás que giram devido ao movimento disseminado pelo motor da turbobomba onde normalmente é movido por energia elétrica. Suas pás permanecem dentro de uma peça chamada de rotor, por onde o fluido atravessa e é deslocado (Macintyre, 1997). De acordo com Azevedo Netto (1998), essas turbobombas são usadas na maioria das vezes para obter água potável ou não potável e em esgotos.

Para o funcionamento adequado da bomba, existem alguns procedimentos essenciais a serem realizados, como por exemplo, a escorva. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (2009), a escorva é a ação de compor o conjunto motobomba para que este possa ser ativado, sendo ele preenchido por água ou outro fluido que será bombeado e removendo o ar que estava presente antes no interior do sistema, incluindo também a tubulação de sucção que deverá ser completamente preenchida pelo fluido. Este processo vale tanto para bombas pequenas comuns, quanto grandes (Confederação Nacional Da Indústria, 2009).

Para que não ocorra o esvaziamento da tubulação e da turbobomba após a primeira escorva, há a necessidade da instalação de uma válvula de pé e crivo na ponta inferior do sistema de canalização de sucção. Esta pode ser definida como uma peça para tubulações cujo principal objetivo é permitir passagem de fluido em um único sentido, sendo que seu crivo funciona de maneira a impedir o acesso de partículas sólidas (Soares, 2015).

Todavia para o funcionamento assertivo da turbobomba escorvada, pode-se utilizar dispositivos de comando, também chamados de mecanismos de comando ou sensores, sendo estes definidos, conforme cita Willian F. Miranda (2018), como equipamentos que dispõem de indícios elétricos para se comunicar com outros dispositivos acerca da disponibilidade deste outro poder funcionar, desativar e/ou manter desativado.

Para tanto, para estes mecanismos funcionarem de acordo com a certeza da bomba centrífuga escorvada, é necessária alguma adaptação que leia informações

e certifiquem esta situação, como sensores. Os sensores são equipamentos que impõem respostas ao identificar, por meio de sua sensibilidade, formas de energias do ambiente, como luminosidade, correlacionando a alguma grandeza, como temperatura e corrente elétrica, que deverá ser aferida (Thomazine; Albuquerque, 2011).

Mediante a problemática relacionada aos danos que a perda ou inexistência da escorva no conjunto motobomba possa ocasionar, este trabalho tem como objetivo a criação de um dispositivo de comando em conjunto com sensores nos quais avaliaram a condição de escorva da bomba centrífuga, permitindo que a mesma somente funcione caso esteja escorvada evitando seu colapso.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Captação de Água

Segundo Macintyre (1997), citado por Bosco e Furquim (2018), desde a antiguidade um dos maiores desafios do homem ao longo de sua existência, tem sido encontrar novas tecnologias para resolver problemas que contornem sua sobrevivência. Um dos aspectos que comprovam a dificuldade do homem é quanto a captação de água para suas necessidades, tanto pessoais quanto trabalhistas, sendo que o simples trabalho manual não seria capaz de atingir a quantidade necessária para suprir à quantidade de água essencial. Assim, uma das maiores criações do ser humano foram as instalações hidráulicas para captação de água.

Instalação Hidráulica

São instalações cujo o objetivo é transportar fluidos captados de um reservatório inferior e transportá-lo para uma cota superior, deste modo, estas instalações tem como artefato uma bomba centrífuga que exerce energia ao fluido para que este seja bombeado até a cota superior, este dispositivo denomina-se conjunto motobomba, que juntamente com as instalações de sucção e recalque, compõe toda a instalação hidráulica (Escola da Vida, 2020). As tubulações que constituem a instalação de recalque e sucção possuem algumas peças especiais que devem ser levadas em consideração durante todo projeto da instalação hidráulica (Macintyre, 1997).

Instalações de Recalque

Para uma linha de recalque, não há orientações exatas quanto ao diâmetro a ser utilizado, porém quanto maior for o diâmetro menor serão as perdas de carga, em consequência, a potência do conjunto elevatório será reduzida (Netto, 1998). Este conjunto de tubulações deve ser mais curto e reto possível, para assim evitar possíveis perdas de cargas, necessitando ser totalmente vedado para impedir a entrada de ar evitando problemas no conjunto motobomba (EH Bombas Hidráulicas, 2020).

Instalações de Sucção

A sucção pode ser entendida, diante de um sistema de tubulações, como a junção de todos os dutos e conexões que conduzem o fluido até a bomba (Martins; Gukovas, 2010), ou seja, é o caminho pelo qual estão os acessórios e tubulações que permanecem entre o reservatório no qual está o fluido que se quer bombear e a entrada da bomba (Fonseca, 2019). Estas tubulações devem ser projetadas de forma a evitar peças que lhe causem perdas na sucção (Netto, 1998). Fazem parte dos acessórios da instalação de sucção a válvula de pé e crivo, curvas de 90° e 45° (graus) e redução excêntrica.

Bombas Centrífugas

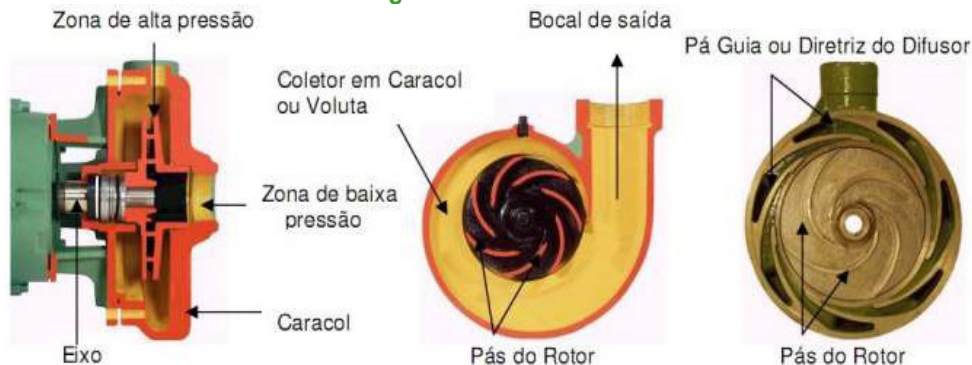
São máquinas (Figura 01) que por meio de suas pás presentes em seu rotor, ilustrado conforme Figura 2, exerce aceleração no líquido, transformando energia cinética em energia mecânica (Macintyre, 1997). Assim estas deverão fornecer potência suficiente para vencer a diferença de nível entre os dois pontos mais as perdas de cargas durante a passagem do fluido pela tubulação (Netto, 1998). Desta maneira, de acordo com a Confederação Nacional da Indústria (2009), elas podem ser entendidas como dispositivos hidráulicos utilizados para transportar um determinado líquido de um ponto a outro através de uma energia elétrica transformada em mecânica através de um motor, e após isto, cedida ao fluido em forma de pressão e/ou energia cinética lhe proporcionando aceleração.

Segundo Macintyre (1997), as turbobombas podem ser classificadas de diversas formas, sendo pela maneira do percurso do líquido no rotor (pura ou radial, fluxo misto ou bomba diagonal, axial ou propulsora), pelo número de rotores (simples estágio e múltiplos estágios), pelo número de entradas na aspiração (aspiração simples, entrada unilateral), pela forma de transformação da energia cinética em energia de pressão (difusor com pás guias ou diretrizes, coletor em forma de caracol ou voluta, difusor axial troncônico). Ainda segundo o referido autor, há outras formas de classificação as quais seriam também devido a velocidade específica, finalidade, posição do eixo e líquido no qual será bombeado. Há também outras classificações quanto ao formato de suas pás e de seu rotor, que também definirá a direção no qual o fluido irá sair da turbobomba e em conjunto com as características escolhidas na construção do sistema, também determina a vazão de fluido (Gouvea, 2008).

Figura 1 - Conjunto Motobomba.



Fonte: Schneider Motobombas (2020).

Figura 2 - Pás do rotor.**Fonte: Brasil (2010).**

Rotor

Fonseca (2019), ressalta que o rotor é um componente da bomba que gira dentro de uma carcaça, seu movimento produz uma zona de vácuo e uma de alta pressão e em razão do vácuo, o fluido entra no centro do rotor e é acelerado pelas pás que giram em alta velocidade e após, pela ação da força centrífuga, o fluido é descarregado na voluta onde é desacelerado por uma expansão da seção de escoamento, fazendo com que a energia cinética adquirida seja transformada em energia de pressão. Em um projeto de rotores existem diversas modificações para que possa atingir variadas condições de trabalho, assim a escolha correta do rotor é de suma importância para que se possa obter um bom rendimento, sendo que um dos métodos ressaltados para esta obtenção com utilização do rotor tipo aberto, é projetando cuidadosamente as suas pás deixando-as com o mínimo de folga nas laterais através de uma boa usinagem. O rotor do tipo fechado geralmente são os modelos que proporcionam maior rendimento, pois suas palhetas são fundidas por inteira em ambos os lados (Fonseca, 2019).

Segundo a Confederação Nacional da Indústria (2009), os rotores do tipo aberto são utilizados para bombeamentos de água bruta de má qualidade e os rotores do tipo fechado são utilizados para o bombeamento de água potável. Este dispositivo tende a estar escorvado para o adequado funcionamento do sistema.

Escorva

Sendo de extrema importância para o funcionamento das turbobombas, a escorva pode ser entendida como o preenchimento de água no interior da carcaça da bomba centrífuga (Bettini, 2007), logo, de acordo com Antônio Quitela (1981), citado por Santos (2013), toda a tubulação de sucção e a bomba deverá ser preenchida com o líquido que será conduzido, removendo o ar que ali estava presente.

Referente às instalações, a escorva pode ser aplicada de duas maneiras, a primeira é em situações onde a turbobomba ficará acima do nível do reservatório de

captação de água, conhecida como sucção positiva, tem a necessidade da inserção de uma válvula de pé e crivo na parte inferior da tubulação de sucção, que irá impedir o esvaziamento da tubulação de sucção quando esta encontrar-se ao menos uma vez preenchida por completa, permanecendo a motobomba escorvada. A segunda é instalando a turbobomba abaixo do nível do que será considerado o reservatório de captação do sistema. Este processo é conhecido como “bomba afogada”, (Bettini, 2007).

Porém, em situações onde a motobomba e a tubulação de sucção ainda não foram completamente preenchidas por água, tem a necessidade de uma outra alternativa, onde de acordo com Macintyre (1997), para bombas de pequeno porte, a escorva pode ser executada preenchendo-se manualmente a motobomba através de um funil que já vem acoplado em sua parte superior ou em tubos de acesso ao rotor posicionados acima do nível da bomba. Já em motobombas de grande porte, é utilizado um sistema denominado by-pass, onde se aplica um conjunto de dutos com registro acoplado acima da motobomba e com acesso a um reservatório de água, ou outro líquido que será bombeado naquela situação.

Contudo, a escorva é um procedimento fundamental e o funcionamento dos acessórios devem estar em perfeita conformidade para não ocorrer a queima da turbobomba.

Sensores

Segundo Hugo Teixeira (2017), sensores podem ser entendidos como qualquer dispositivo que tem a capacidade de reconhecer variações de grandezas físicas e transformá-las em sinais elétricos. Estes sinais são manipulados e entendidos por um controlador para serem reconhecidos. (Thomazine; Albuquerque, 2011). Ainda de acordo com Thomazine e Albuquerque (2011), os sensores podem ser divididos em dois tipos, sendo eles digitais ou analógicos.

O sensores digitais, exemplificado por um sensor de presença, que foi utilizado neste projeto, são aqueles que dispõem de apenas duas grandezas binárias, podendo ser entendidas como sim e não, zero e um, sendo eles menos complexos que os analógicos, e conseqüentemente, mais em conta financeiramente na maioria dos casos (Thomazine; Albuquerque, 2011). Este sensor estará conectado a uma plataforma de microcomputadores chamado de Arduino.

Sensor de Níveis de Líquido sem Contato

Pode-se descrever este sensor como um dispositivo capaz de reconhecer a presença de água e de outros líquidos sem a necessidade de contato físico entre ambos, podendo ser instalado no lado de fora de reservatórios e tubulações de plásticos e materiais semelhantes. O mesmo funciona com uma instalação de três fios para ligar ao Arduino sendo eles um fio de 5 (cinco) Volts, um fio terra e outro responsável pelo sinal a ser emitido, transmitindo um sinal em nível low (baixo) à placa de prototipagem (Usinainfo, 2020). O funcionamento deste sensor se baseia em princípios de capacitância, onde é disposto de duas placas paralelas com cargas

opostas, sendo elas separadas por um isolador, onde a detecção é baseada na variação do campo magnético proporcionada devido a presença de algum objeto colocado a frente de ambas as placas posicionadas dentro do sensor (Haffer, 2020).

Displays de LCD (*Liquid Cristal Display*)

De acordo com Murta (2018), estes podem ser compreendidos como mecanismos capazes de fornecer um meio de interação entre seres humanos e máquinas, dispondo de uma tela conectada a equipamentos de inteligência artificial tornando-a capaz de reproduzir números, letras e símbolos. Os Displays de LCD funcionam de modo a consistir de duas placas acrílicas transparentes e cristal líquido situado entre elas, assim, quando ocorre a diferença de tensões elétricas impostas a este cristal, ele se comporta de maneira a transformar seus pontos cristalinos em transparente ou escuros, sendo que estas alterações na tensão são controladas e transmitidas a cada ponto do cristal líquido por meio das duas placas e alguns chips.

Arduino

Segundo o site do Arduino, citado por Marchesan (2012, p.30), este pode ser definido como “uma plataforma open-source de prototipagem eletrônica baseada na flexibilidade, hardware e software fácil de usar”. Segundo Marchesan (2012), estes dispositivos usam microcomputadores que podem ser comandados por smartphones e outros aparelhos eletrônicos através de algoritmos, ligando eles a diversos sensores possíveis no Arduino em muitas de suas diversas “portas”, nome dado aos seus conectores de alimentação, fazendo com que ele realize diversas funções. Existem diversos modelos de Arduino, como o Due, Nano, Pro Mini, Uno e o Mega 2560 (Thomsen, 2014) sendo o último citado usado neste projeto.

Protoboard

As protoboards são placas cujo a função principal é realizar conexões de fios sem a necessidade de solda, sendo necessário apenas encaixar a ponta destes fios em uma das entradas da placa. Suas linhas e colunas, juntamente com sua representação (Athos Eletronic, 2020).

Módulo de Relé

Estas placas ou módulos de relé são elementos essenciais para controlar, por meio de um Arduino, outros equipamentos de características eletromecânicas (Robocore, 2020). Estas placas funcionam de maneira idêntica aos relés comuns, porém, com três conexões de entrada para o Arduino, sendo uma de 5 Volts para alimentação do relé, uma para aterramento e outra para entrada de controle do relé (Autocore, 2020). Para saída existem três conexões, sendo elas NA (normalmente aberta), NF (normalmente fechada) e C (comum), estas estão dispostas de forma a ficar uma ao lado da outra. Assim, quando o módulo de relé não está energizado, a conexão C fica ligada à NF, porém, quando este dispositivo é energizado, uma bobina eletromagnética faz com que a conexão C se ligue à NA, permitindo que qualquer dispositivo ligado as suas conexões de saída sejam ativadas.

Contator

Contatores são dispositivos eletromecânicos, normalmente ligados a sistemas de alimentação de alguma máquina, cujo funcionamento se baseia em uma bobina que, quando alimentada por uma corrente elétrica, cria um campo magnético atraindo e fechando contatos permitindo a passagem de corrente elétrica em sistemas de alimentação de motores monofásicos, bifásicos e trifásicos (Athoseletronics, 2020).

LED (*Light Emitting Diode*)

Estes componentes podem ser entendidos como dispositivos compostos por dois polos, um positivo e outro negativo, anodo e catodo, compondo um diodo capaz de emitir luz em forma de radiação infravermelha ao ocorrer à passagem de corrente elétrica (Manual da Elétrica, 2020).

Potenciômetro

São componentes cujo modo de funcionamento baseado em resistores permite o controle da passagem de corrente elétrica podendo ser alterado o valor do fluxo da mesma, manualmente, por meio de uma peça inclusa ao potenciômetro que pode ser girada, aumentando ou diminuindo a passagem da energia elétrica (Como Fazer as Coisas, 2020).

Disjuntor

Utilizado como dispositivo de segurança, este dispositivo tem a função de interromper a passagem de corrente elétrica, caso os valores de corrente excedam o valor estipulado por ele, sendo o mesmo valor necessário para os equipamentos que estão ligados naquele mesmo sistema de alimentação, logo, caso a corrente oscile de maneira a promover algum risco para estes equipamentos, o disjuntor irá desabilitar a passagem de eletricidade por meio de um sistema eletromecânico controlado por uma alavanca impulsionaada por uma bobina estimulada pelo excesso de corrente (Mundo da Elétrica, 2020).

METODOLOGIA

O projeto de sensores para verificação do conjunto motobomba teve como base a problemática descrita na obra *Bombas e Instalações de Bombeamento* (1997), com a autoria de Macintyre, onde são explicados os problemas causados pelo funcionamento da turbobomba trabalhando a seco como trepidações, ruídos e consequentemente sua falha no funcionamento.

Para projetar e desenvolver o modo de funcionamento dos sensores para verificação da turbobomba escorvada, foram analisadas algumas etapas, como:

- Sensor utilizado para reconhecer a escorva da motobomba;
- Local de instalação do sensor;

- Modelo de Arduino;
- Sistema de interação dos dados do Arduino com o usuário;
- Dispositivo de programação do Arduino;
- Algoritmo de programação;
- Sistematização elétrica.

Sensor

Para reconhecimento da presença de água e coleta dos dados pela completa carcaça do rotor da bomba centrífuga e na tubulação de sucção, foi usado um sensor de nível de líquido sem contato, onde segundo a Usinainfo (2020), o mesmo pode ser colocado em tubulações ou reservatórios pelo lado de fora, mesmo que eles não tenham suas carcaças completamente incolor, logo este benefício permite que o sensor possa ter uma maior vida útil de projeto sem ocorrências com problemas como a oxidação. No que se trata sobre o mesmo referido autor, o sensor de nível de água, ao ser instalado corretamente de forma fácil, como fixado por fita ou algo semelhante, tem a capacidade de emitir um sinal que reconhece a presença do fluido, e após, comunica-se com o Arduino levando-o a ele realizar a função pelo qual está programado para executar. Nesta situação, o sensor foi utilizado para identificar o nível da água acima da tubulação da bomba centrífuga, confirmando ou não sua escorva, e por intermédio do Arduino, permitir ou não que a bomba seja ativada. A escolha deste sensor se deu por sua capacidade de identificar facilmente a água presente na tubulação onde foi posicionado e por situar-se ao lado externo da parede do tubo, não influenciando na vazão e fluxo da água. Além disso, por permanecer fora da estrutura do cano, existe a menor probabilidade de o sensor contaminar a água e ser danificado por ela e sua pressão que estará sendo emitida devido a sua velocidade fornecida pelo conjunto motobomba.

Local de Instalação do Sensor

Tendo como objetivo analisar a escorva de todo o conjunto motobomba e tubulação de sucção, o sensor deverá ser instalado em uma região que permita a certeza desta condição, assim, foi decidido que o melhor local para instalá-lo seria na tubulação de recalque, logo após, o bocal de saída de água da bomba centrífuga, ilustrado pela Figura 03. Desta maneira, após a tubulação de sucção ser preenchida, e também o rotor da turbobomba, a divisão entre o bocal desta e a tubulação de recalque será a próxima parte na qual a água irá preencher sendo identificada pelo sensor e permitindo que ele detecte e repasse a informação ao Arduino. Contudo, este sistema tem a necessidade que o procedimento de escorva seja realizado de modo ao nível de água permanecer dentro ou acima do nível da tubulação no qual está instalado o sensor.

Figura 3 - Local de instalação do sensor.

Fonte: Pronex (2020) editado pelos autores.

Arduino

Após realizada a função do sensor de analisar a escorva do conjunto motobomba, seus dados deverão ser encaminhados e lidos por um sistema de processamento para que seja tomada alguma decisão, como a de ligar, não ligar ou desligar a bomba centrífuga. Estes dados foram coletados por uma plataforma de inteligência denominado Arduino de modelo Mega 2560. Além de reconhecer os sinais emitidos pelo sensor, o Arduino terá a função de tomar as decisões do sistema através das funções que lhe forem atribuídas por meio da programação e repassar informações a um sistema de interação com o usuário para que ele compreenda a condição que a bomba se encontra.

Sistema de Interação

Após o sensor verificar o estado em que a bomba se encontra, sendo escorvada ou não, e transmitir suas informações por meio de pulsos para o Arduino, este irá encaminhar uma mensagem a uma tela para que o usuário consiga compreender de forma simples e objetiva este estado, podendo ser redigido como “escorvado” quando o sistema estiver completamente cheio de água, “não escorvado” caso a situação seja inversa, ou apresentar a contagem de segundos do delay.

Para repassar esta mensagem, o Arduino irá dispor de um display de LCD, como demonstra a Figura 04, cujo contraste foi controlado por um potenciômetro, sendo possível descrever informações em tempo real. Os displays são de grande importância para sistemas que envolvem o Arduino, sejam eles simples ou incongruentes, pois permitem a qualquer pessoa maior compreensão do que está sendo executado (USINAINFO, 2020).

Sendo assim, além do Display, outro aparelho incluso ao sistema de interação foi um LED, cuja sua funcionalidade ocorrerá de maneira acender quando a bomba estiver escorvada e no display estiver escrito escorvado, e apagado quando a situação for inversa.

Figura 4 - Exemplo de display de LCD.



Fonte: Usinainfo (2020).

Dispositivo de Programação do Arduino

A alimentação dos dados de um Arduino foi feita por meio de uma porta USB (*Universal Serial Bus*) conectando-a a um dispositivo eletrônico que tem em si, instalado o software de programação e fazendo upload do código da máquina para a placa (USINAINFO, 2020). Para este projeto foi escolhido um computador onde irá executar o aplicativo de programação de códigos da placa de Arduino. Nele foi possível executar este aplicativo *móvel*, denominado Arduino Web Editor (create.arduino.cc), onde se criará as informações que foram compiladas ao Arduino usando-o de intermediação entre elas e a placa. Para o software de programação do Arduino foi utilizado o editor em web disponibilizado pelo site do Arduino, o Arduino Web Editor, como o próprio site Arduino (2020) diz, permite elaborar e editar algoritmos além de diversas outras ferramentas disponibilizadas.

Algoritmo de Programação

No que se refere a este projeto, para que ele haja em conformidade com o objetivo de somente permitir o funcionamento da bomba quando esta estiver completamente preenchida com água, foi necessário realizar a junção de três algoritmos específicos para cada parte do sistema eletroeletrônico, assim o sensor, o display e toda a parte elétrica irão trabalhar em conjunto para o pleno funcionamento.

Para o comando do sensor, do sistema elétrico, do display e do LED, tem-se como base o algoritmo já fornecido pela própria vendedora do sensor de nível de líquidos, porém, tem a necessidade de algumas alterações para o funcionamento adequado requisitado nesta situação. Neste algoritmo foi escrita toda a programação de todos os comandos essenciais para que o sensor realize suas funções principais e repasse informações aos microcomputadores do Arduino, além disso, é por através dele que foi incluso o controle da parte elétrica vinculada a alimentação da bomba e assim ativá-la juntamente com o LED, após um delay de 180 (cento e oitenta) segundos, caso a condição “escorvada” repassada pelo sensor esteja ocorrendo. O mesmo acontece com o display, que também foi controlado pela situação que a leitura do sensor disponibilizar, aparecendo em sua tela de LCD a informação necessária para o usuário. O delay funcionará de modo somente a ativar os outros

dispositivos e descrever “escorvado” no display após o sensor permanecer 180 (cento e oitenta) segundos seguidos identificando a presença de água dentro da tubulação. Caso por algum momento, o sensor não identifique mais a presença de água, porém logo após volte a identificar, a contagem do delay foi resetada iniciando novamente. O propósito deste delay é impossibilitar que o contator ative e desative várias vezes seguidas durante o processo de escorva, no qual existe a possibilidade de o ar ainda estar saindo dos canos de sucção, abaixando o nível de água pelo fato do ar estar subindo e saindo dos tubos.

Sistematização Elétrica

Para interligar o Arduino e a alimentação da bomba centrífuga, de modo que ele possa ligá-la e desligá-la, foi elaborado um sistema elétrico conectado à protoboard ligado ao Arduino de maneira que este possa controlá-la.

De acordo com Mattede (2020), para que este sistema funcione adequadamente, foram utilizados vários dispositivos elétricos interligados entre si, dentre eles destacam-se uma placa de relé de cinco Volts e um contator. Logo o contator terá a função de alimentar a bomba, seja ele 110 Volts ou 220 Volts em corrente alternada, assim, ela terá uma alimentação com uma dessas tensões, sendo que a escolha de uma delas dependerá da tensão da turbobomba, porém, para sua proteção, foi instalado um disjuntor de segurança na fiação da alimentação antes dos fios serem conectados ao contator.

No entanto, ainda de acordo com o autor citado anteriormente, como a tensão dos pinos da placa gira em torno de 5 Volts em corrente contínua, não haverá como ligá-la diretamente com o contator, desta maneira, existe a necessidade de usar um relé de 5 Volts no qual irá controlar a passagem de corrente elétrica alternada predial, permitindo ou impossibilitando a passagem dela de acordo com o Arduino, controlando o contator e consequentemente a alimentação da motobomba. O relé por meio de sua placa, estará ligado aos pinos do Arduino e ao contator, de forma que quando a placa transmitir o comando de ativar o conjunto motobomba, ela irá alimentar a bobina do relé e fechar o contato deste, que por sua vez, irá permitir a passagem de corrente elétrica ativando o contator, que então permitirá a passagem de energia de alimentação da bomba permitindo que esta seja ativada. Há também, por questões de segurança, a necessidade da instalação de um disjuntor ligado ao fio vindo de uma tomada que irá ser conectado ao relé, sendo este capaz de impossibilitar a passagem da energia caso ocorra um curto circuito ou sobrecarga.

Para que a função deste sistema seja realizada com êxito, o presente contator deverá ser ligado em série com dispositivo de acionamento manual do usuário controlador da turbobomba, estando posicionado entre este dispositivo e a máquina. Sendo assim, mesmo que o usuário tenha a intenção de ligar a bomba, ao ativar seu dispositivo de alimentação, o contator irá bloquear a passagem de corrente caso esteja desativado, sendo somente ativado quando o sensor reconhecer a escorva e encaminhar esta condição ao Arduino, que irá fechar o contato do relé, e este em sua vez, irá ligar o contator.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sensor

Obteve-se que o sensor capacitivo de nível de líquidos sem contato de modelo escolhido, WS-03 (Figura 05), teve um resultado adequado com o funcionamento desejado, possibilitando o rápido reconhecimento da água dentro da tubulação de PVC (Policloreto de Vinila) e consequentemente a presença da escorva do conjunto motobomba, sendo que este somente identificava a presença de água quando toda a tubulação estava completamente preenchida, não sendo influenciado apenas pelo fato de ocorrer humidade ou um pequeno escorrimento de água nas paredes internas dos tubos. O sensor de níveis de líquido sem contato também proporcionou a nítida comunicação com o Arduino, sendo possível o repasse de sinais dentre ambos e consequentemente o controle do sistema de verificação de escorva do conjunto motobomba. Tem-se também que o sensor apresentou ótimos benefícios quanto ao fato de não necessitar entrar em contato com a água que estava sendo bombeada, permitindo que esta realize um fluxo sem intervenções ocasionadas pelo referido aparato e que este venha a ter uma vida útil maior sem as perturbações provocadas pelo líquido. O presente sensor também apresentou uma ótima vantagem em relação à instalação, já que ele permite uma grande variedade de formas na qual pode ser fixado. Assim, demonstra-se que o sensor teve bons resultados quanto ao que se era esperado diante da elaboração do projeto. Deste modo, segue algumas atribuições em relação as especificações do sensor para futuras análises:

- Modelo: WS-03;
- Tensão de Trabalho: 5 Volts;
- Corrente Máxima de Saída: 30mA;
- Saída: digital;
- Revestimento: Plástico ABS;
- Temperatura de Trabalho: 0 a 60°C;
- Comprimento de Campo de Indução: até 10mm;
- Comprimento do Fio: 35cm;
- Dimensões: (Comprimento x Largura x Espessura): 32x18x10mm;
- Peso: 12g;

Referência: USINAINFO (2020).

Figura 5 - Sensor utilizado no projeto.

Fonte: autores.

Local de Instalação do Sensor

No que se refere ao local determinado para a instalação do sensor, aferiu-se que a região da tubulação, logo após o bocal de saída de água da bomba centrífuga, conforme representado pela Figura 06, apresentou resultados apropriados, permitindo ao sensor o reconhecimento do preenchimento por completo de toda a tubulação de sucção e do conjunto motobomba quando o nível de água chegasse no local no qual foi selecionado, e desativando a bomba quando ocorria a falta de água neste mesmo local referido, sendo assim cumprida sua função primordial.

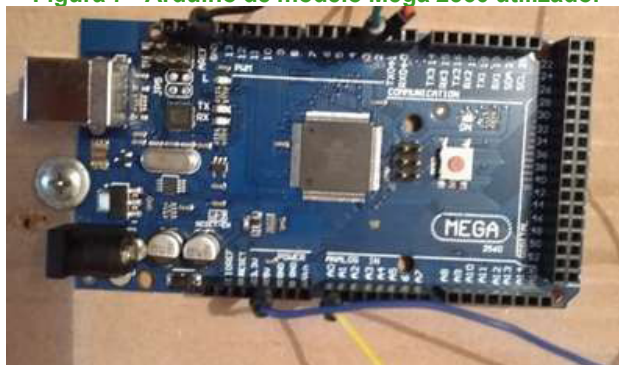
Figura 6 - Local de instalação do sensor.

Fonte: Autores.

Arduino

O Arduino de modelo Mega 2560 (Figura 07), controlado pelo algoritmo, cujo teve a função efetiva de receber, ler e enviar dados, teve uma excelente compatibilidade com os outros dispositivos eletrônicos, além de executar com êxito as funções necessárias para o funcionamento de todo o sistema, lendo de forma adequada os dados providos por meio do sensor, administrando o funcionamento do módulo de relé para ativar e desativar a motobomba e definindo o texto à ser escrito no display para repassar as informações ao usuário Murta (2018).

Figura 7 - Arduino de modelo Mega 2560 utilizado.



Fonte: Autores.

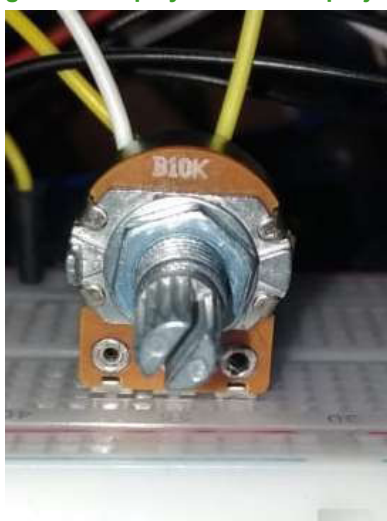
Sendo de suma importância a conexão correta dos fios do sensor, display, potenciômetro, LED e Módulo de Relé para o perfeito funcionamento do Arduino e do projeto.

Sistema de Interação

Tem-se que o display (Figura 08), dispositivo pelo qual forma o sistema de interação juntamente com o LED, funcionou de forma a projetar ao usuário, ou qualquer pessoa que venha a controlar a bomba, toda a informação necessária para que fosse compreendida a situação em que a bomba está a qualquer momento, sendo escrito “escorvada”, “não escorvada” ou realizando a contagem do delay. Desta maneira, qualquer pessoa com o conhecimento sobre o funcionamento do dispositivo de verificação de escorva do conjunto motobomba consegue controlar o sistema de maneira clara e correta. Além disto, o display atuou de maneira completamente compatível com a placa do Arduino e a protoboard, sendo utilizado um potenciômetro de resistividade 10K (conforme Figura 09) ligado à protoboard para alterar as configurações de contraste do display.

Figura 8 - Display utilizado no projeto.

Fonte: Autores.

Figura 9 - Display utilizado no projeto.

Fonte: Autores.

Algoritmo de Programação

Nesta etapa teve como necessidade a elaboração de um algoritmo capaz de desempenhar todo o objetivo deste presente projeto descrito perante este trabalho. Assim, o algoritmo, representado pela Figura 10, se dispôs de funções que abrangessem todos os dispositivos ligados a ele, como sensor, módulo de relé e display. Por fim, obteve-se um algoritmo que desempenhou um papel ideal para o funcionamento e execução do projeto, realizando todas as aplicabilidades necessárias, principalmente no que se trata ao comando de verificação da escorva e no delay de 180 segundos, função na qual proporcionou ótimos resultados impossibilitando que a bomba pudesse ser ativada quando houvesse alguma oscilação no nível de água da bomba, seja ela durante o procedimento de escorva ou no momento em que surgisse a falta de água caso ocorresse algum equívoco na tubulação de sucção, promovendo a falta de água na mesma e na bomba centrífuga.

Figura 10 - Algoritmo de programação utilizado.

```

#include <LiquidCrystal.h>

#define LED 8
#define BOMBA 9
#define SENSOR 10

uint8_t contador = 0;

const long interval = 1000;
unsigned long previousMillis = 0;

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);

void setup()
{
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(BOMBA, OUTPUT);
  pinMode(SENSOR, INPUT_PULLUP);

  lcd.begin(16, 2);
  lcd.clear();
}

void loop()
{
  unsigned long currentMillis = millis();

  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("SITUACAO:");

  if (digitalRead(SENSOR) == true)
  {
    previousMillis = currentMillis;
    contador = 0;

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("          ");
    lcd.setCursor(3, 1);
    lcd.print("NAO ESCORVADO");

    digitalWrite(BOMBA, true);
    digitalWrite(LED, false);
  }
  else
  {
    if (currentMillis - previousMillis >= interval)
    {
      previousMillis = currentMillis;
      contador++;

      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("          ");
      lcd.setCursor(6, 1);
      lcd.print(contador);
      lcd.setCursor(10, 1);
      lcd.print("de 180");

      if (contador >= 180)
      {
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("          ");
        lcd.setCursor(7, 1);
        lcd.print("ESCORVADO");
        digitalWrite(BOMBA, false);
        digitalWrite(LED, true);
      }
    }
  }
}

```

Fonte: autores.

Sistematização Elétrica

Para esta etapa, foram instalados um disjuntor ligado à alimentação de energia alternada predial e ao módulo de relé, sendo este último, conectado ao relé do contator que irá controlar a passagem de corrente elétrica pelos fios de alimentação da bomba centrífuga. Quanto ao sistema de fios de alimentação da motobomba foi acrescentado um disjuntor antes que eles fossem conectados ao contator para sistema de proteção, deste modo, caso a corrente que percorrerá pelos fios sejam de capacidades maiores à do contator, ou ocorra um curto circuito, o disjuntor irá desabilitar sua passagem. Pois então, caso a corrente permaneça em valores permitidos pelo disjuntor, ela irá chegar até o contator, que, por intermédio do Arduino e do módulo de relé, desempenharam de maneira eficiente a função de controlar o funcionamento da turbobomba dependendo do nível de líquido presente na escorva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aplicando-se a utilização de uma placa de processamento de modelo Arduino, adequadamente programada, e os demais componentes especificados no decorrer deste trabalho em um sistema de captação de água onde se utiliza uma bomba centrífuga de alimentação elétrica, no qual as tubulações utilizadas são feitas de cano fabricado em PVC, obteve-se que é possível a perfeita elaboração de um sistema, conforme Figura 11, capaz de verificar a escorva de um conjunto motobomba, e com isto controlar o seu funcionamento de maneira a evitar possíveis danos ocasionados pelo trabalho da motobomba a seco, ou seja, não escorvada. Desta forma, notou-se que o projeto, no qual pode ser considerado um método de segurança, impediu a todo instante decorrente de falta de água, que a turbobomba continuasse ligada, sendo que somente seria possível a sua partida novamente, caso ocorresse a presença de água detectada pelo sensor por durante 180 (cento e oitenta) segundos consecutivos. Portanto, se pode afirmar que o objetivo deste trabalho foi alcançado, tendo a validação da provável utilização deste projeto em situações reais voltado para um público de interesse em prevenir riscos e possíveis prejuízos futuros em sistemas de captação de água.

Figura 11 - Sistema de segurança para verificação de escorva do conjunto motobomba.



Fonte: autores.

Diante disto, segue alguns links referentes à vídeos dispostos na internet demonstrando o funcionamento do projeto de desenvolvimento de sistema de segurança para verificação de escorva do conjunto motobomba:

- Funcionamento do sistema de sensores para verificação de escorva do conjunto motobomba: <https://youtu.be/9YkSlrP41rc>;
- Teste de falta de água para o sistema de sensores para verificação de escorva do conjunto motobomba: <https://youtu.be/UNsB0ntCet4>.

Sugere-se a continuidade dos estudos em trabalhos futuros, a elaboração de sistemas com sensores onde seja praticável a utilização em tubulações fabricadas com outros materiais, de forma que seja possível a mesma aplicação deste projeto elaborado, assim como a utilização de um outro sensor posicionado na tubulação de sucção próximo à entrada da bomba, e a utilização de sistemas, como o uso de aplicativos para controle, o que corroboraria na aplicação comercial deste projeto.

REFERÊNCIAS

3HOBBY_STORE. **Módulo de Relé 8 Canais 5V com Optoacoplador Arduino *100205**. 2020. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-973098354-modulo-rele-8-canais-5v-comoptoacoplador-arduino-100205_JM?matt_tool=79246729&matt_word&gclid=EAlaI QobChMI55DqsdWb6gIvISRCh1YSAIgEAQYAIABEgLQ3PD_BwE&quantity=1>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

ALIBABA. **5V 12V 24V Interruptor do Sensor de Nível de Água para o Aquário Banheira WS03.2020**. Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/5v-12v-24v-water-liquid-level-sensor-switch-for-container-bathtub-aquarium-ws0360761381753.html>>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

ARDUINO. **Arduino MKR WAN 1310. 2020.** Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/mkr-wan-1310>>. Acesso em: 18 de junho de 2020.

ATHOSELETRONICS. **Contator – o que é, como funciona, tipos e aplicações. 2020.** Disponível em: <<https://athoselectronics.com/contator/>>. Acesso em: 03 de setembro de 2020.

ATHOSELETRONICS. **Protoboard – o que é, simulador online. 2020.** Disponível em: <<https://athoselectronics.com/protoboard-simulador-online/>>. Acesso em: 26 de outubro de 2020.

AUTOCORE. **Módulo Relé. 2020.** Disponível em: <<https://autocorerobotica.blog.br/modulo-rele/>>. Acesso em 03 de setembro de 2020.

BETTINI, M. **Modelagem para dimensionamento de tanque de escorva para instalações de bombeamento utilizando a lei de Boyle. 2007. 65f.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2007.

BOSCO M. P.; FURQUIM R. V. C. **Dimensionamento por algoritmo de um rotor axial de uma turbina hidráulica para geração de energia elétrica em uma propriedade agrícola. 2019. 44f.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Paranaense, Umuarama, PR, 2018.

BRASIL A. N. **Máquinas Termohidráulicas de Fluxo.** Itaúna, MG, 2010.

CARVALHO D.; SILVA, L. **Apostila: Fundamentos de Hidráulica.** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20503/IT503%20cap%201,%202,%203,%204,%205%20e%206%20-%202008.pdf>>. Acesso em: 10 de julho de 2020.

COMO FAZER AS COISAS. **Potenciômetro, o que é, para que serve, tipos, aplicações e como funciona. 2020.** Disponível em: <<http://www.comofazerascosas.com.br/potenciometro-o-que-e-para-que-serve-e-como-funciona.html>>. Acesso em: 26 de outubro de 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Bombas Guia Básico. 9.ed.** Brasília, DF, 2009.

EH BOMBAS HIDRÁULICAS. **Manual de Instalação Operação e Manutenção de Bombas Centrífugas. 2020.** Disponível em: <<http://www.tropicalrio.com.br/catalogos/bom-manual.pdf>>. Acesso em: 06 de junho de 2020.

ELETRICABLU. **Contator JNG CJX1 3TF40 9A 220V. 2020.** Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1044654782-contator-jng-cjx13tf409a220v_JM?ma_tt_tool=82322591&word&gclid=EAlaIqobChMI7JCXx9Ob6gIViQIRCh2IZwQVEAQYBiABEgJ7OfD_BwEquantity=1>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

ELETROGATE. Módulo Relé 2 Canais 5V com optoacoplador.

2020. Disponível em: https://www.eletrogate.com/modulo-rele-2-canal-5v?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=EALaI_QobChMlo9Or0rns6wIVkoaRCh31gwKOEAYYASABEg_L3C_D_BwE. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

ELETROINFORMAÇÃO. Interruptor Sensor de Presença ESP 360 E Intelbras.

2020. Disponível em: <https://www.eletoinfocia.com.br/interruptor-sensor-de-presenca-esp-360-e-intelbras>. Acesso em: 22 de junho de 2020.

ESCOLA DA VIDA. Introdução aos Estudos de Instalações Hidráulicas: Aula

Cinco. 2020. Disponível em: http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/quinta_aula_laborat%C3%B3rio.htm#:~:text=viabilizado%20pela%20presen%C3%A7a%20de%20uma,de%20recalque%20%C3%A9%20dividida%20em%3A&text=tubula%C3%A7%C3%A3o%20de%20recalque%20%3D%20tubula%C3%A7%C3%A3o%20ap%C3%B3s%20a%20bomba. Acesso em: 05 de junho de 2020.

FERRAZ, F. Maquinas e Equipamentos Mecânicos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Santo Amaro, BA, 2011.

FONSECA, V. Bombeamento de Fluidos. Lorena, SP, 2019.

GOUVEA, M. Estudo de confiabilidade em bombas centrifugas. Campinas, SP, 2008.

GRUPO TIGRE. Redução Excêntrica. 2020. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/redução-excentrica>. Acesso em: 06 de junho de 2020.

HAFFER, S. Sensores Capacitivo. 2020. Disponível em: http://www.ufrgs.br/eng04030/Aulas/teoria/cap_07/senscapa.html. Acesso em: 26 de outubro de 2020.

HIDRAUCONEX. Valvula de Pé PVC soldável com Crivo de 50mm.

2020. Disponível em: <https://www.hidraconexloja.com.br/produto/valvula-de-pe-pvc-soldavel-c-crivo-de-50mm-tgr.html>. Acesso em: 06 de junho de 2020.

LEROY MERLIM. Curva de 45° Soldável Marrom 25mm 3/4. 2020. Disponível em: https://www.leroymerlin.com.br/curva-45o-soldavel-marrom-25mm-3-4-tigre_85314523. Acesso em: 06 de junho de 2020.

LEROY MERLIM. Curva de 90° Soldável Marrom 25mm 3/4. 2020. Disponível em: https://www.leroymerlin.com.br/curva-90o-marrom-pvc-soldavel-25mm-ou-3-4-tigre_85307103. Acesso em: 06 de junho de 2020.

LISBOA, V.G.C. Universidade Estadual de Londrina: Protoboard.

2020. Disponível em: http://www.uel.br/pessoal/ernesto/arduino/00_Protoboard.pdf. Acesso em: 26 de outubro de 2020. **MACINTYRE, A.J. Bombas e Instalações de Bombeamento.** 2.ed. Rio de Janeiro, RJ, 1997.

MARCHESAN, M. **Sistema de monitoramento residencial utilizando a plataforma Arduino**. Santa Maria, RS, p.30, 2012.

MARTINS J.; GUKOVAS, M. **Hidráulica Básica: Condutos Forçados – Instalações de Recalque**. 2010.

MATTEDE H. **Mundo da Elétrica: Como funcionam os disjuntores?**. 2020. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=BbzzC-tftYE>>. Acesso em: 04 de setembro de 2020.

MATTEDE H. **Mundo da Elétrica: Motor Trifásico Ligado com Arduino**. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=BbzzC-tftYE>>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

MATTEDE H. **Mundo da Elétrica: o que é um LED?**. 2020. Disponível em: < <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-led/>>. Acesso em: 26 de outubro de 2020.

MIRANDA, W.F. **NR 10 na NR 18**. 1.ed. Jaboatão dos Guararapes, PE, 2018.

MURTA, G. **Eletrogate: Guia completo do Arduino Mega**. 2018. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-arduino-mega/>>. Acesso em 17 de setembro de 2020.

MURTA, G. **Eletrogate: Guia completo do Display LCD – Arduino**. 2018. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-display-lcd-arduino/>>. Acesso em 02 de setembro de 2020.

NETO, C. B. **Mecânica de Fluidos (MFL): Dinâmica de Fluidos**. Volume II, Instituto Federal de Santa Catarina, São José, SC, 2011.

NETTO, A. **Manual de Hidráulica**. 8.ed. São Paulo, SP, 1998.

NEVES, M.G.F.P. **Slide Serve: Máquinas hidráulicas e sistemas de recalque**. 2020. Disponível em: <<https://www.slideserve.com/haley/m-quinas-hidr-ulicas-e-an-lise-de-sistemas-de-recalque>>. Acesso em: 07 de julho de 2020.

PORTO, A. J. V; FORTULAN, C.A.; DUDUCH, J.G.; MONTANARI, L. **Tubulações Industriais: Aula 05**. Universidade de São Paulo, SP, 2007. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1829831/mod_folder/content/0/Aula%204%20SEM-0503%20DTM-II.pdf?forcedownload=1>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

PRONEX. **Bomba Centrífuga Auto Vascular**. 2020. Disponível em: <<https://www.pronex.com.br/industrial/bombas/bomba-centrifuga-autoescurvante>>. Acesso em: 17 de junho de 2020.

ROBOCORE. **Módulo Relé Arduino**. 2020. Disponível em: <[https://www.robocore.net/tutoriais/modulo-relearduino#:~:text=O%20M%C3%B3dulo%20Rel%C3%A9%20%C3%A9%20ideal,como%20uma%20chave%20\(interruptor\).&text=Ou%20seja%2C%20quando%20o%20M%C3%B3dulo,C%20est%C3%A1%20conectado%20%C3%A0%20NF.>](https://www.robocore.net/tutoriais/modulo-relearduino#:~:text=O%20M%C3%B3dulo%20Rel%C3%A9%20%C3%A9%20ideal,como%20uma%20chave%20(interruptor).&text=Ou%20seja%2C%20quando%20o%20M%C3%B3dulo,C%20est%C3%A1%20conectado%20%C3%A0%20NF.>)>. Acesso em 03 de setembro de 2020.

SANTOS, L.F. **Dimensionamento Teórico do Sistema de Recalque na Indústria Salineira do Rio Grande do Norte**. 2013. 44f. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2013.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS, **Manual Técnico**. Joinville, SC, 2006. Disponível em: < <https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/a/af/Schneider.pdf>>. Acesso em: 05 de julho de 2020.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Conjunto Motobomba MBV 21/22**. 2020. Disponível em: < <https://schneider.ind.br/produtos/motobombas-de-superf%C3%ADcie/large/centr%C3%ADfugas-monoest%C3%A1gio/mbv-2122/>>. Acesso em: 06 de junho de 2020.

SOARES, H. **Maquinas Hidráulicas: aula 04**. Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2015. Disponível em: <https://www.uff.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/HGHTEO_Cap4_Aula-1_-02122015_V1.pdf>. Acesso em: 27 de agosto de 2020.

SOARES, H. **Maquinas Hidráulicas: aula 05**. Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2015. Disponível em: <https://www.uff.br/engsanitariaeambiental/files/2011/10/Homero-Cap%C3%ADtulo-5_Parte-1_23102011_PDF.pdf>. Acesso em: 03 de julho de 2020.

STA EFIGÊNIA. **Modulo Display LCD 16x2 Keypad p/ Arduino**. 2020. Disponível em: < <https://www.eletronicasantaefigenia.com.br/produto/219582/modulo-display-lcd-16x2-keypad-p-arduino>>. Acesso em: 03 de novembro de 2020.

TEIXEIRA, H. **Instrumentação Eletroeletrônica**. 3 un., Londrina, PR, 2017.

TELLES, P. C. S. **Tubulações Industriais: materiais, projeto, montagem**. 10.ed. RJ, 2003.

THOMAZINE, D.; ALBUQUERQUE, P.U.B. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 2011.

THOMSEN, A. **Filipeflop: Conheça os tipos de Arduino**. 2014. Disponível em: < <https://www.filipeflop.com/blog/tipos-de-arduino-qual-comprar/>>. Acesso em: 10 de julho de 2020.

TIGRE S/A. **Catálogo de Orientações Técnicas sobre Instalações de Esgoto**. 2020. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-esgoto.pdf>>. Acesso em: 10 de junho de 2020.

USINAINFO. **Arduino**. 2020. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/blog/o-que-arduino/>>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

USINAINFO. **Display para Arduino**. 2020. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/display-arduino-405>>. Acesso em: 23 de junho de 2020.

USINAINFO. **Sensor de nível de líquido sem contato – WS03**. 2020. Disponível em: < <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-nivel-arduino/sensor-de-nivel-de-liquidos-sem-contato-ws-03-3739.html>>. Acesso em: 22 de junho de 2020.