

DESENVOLVIMENTO DE MODEM PLC PARA MONITORAMENTO E CONTROLE DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO A PIVÔ CENTRAL



XVI CEEL - ISSN 2178-8308
Universidade Federal de Uberlândia
05 a 09 de novembro de 2018



Brunno Menezes Segatti*¹ Jeiel Matias Barbosa¹, Matheus Henrique Lopes de Moraes¹, Antônio Marcos de Melo Medeiros¹, Bruno Quirino de Oliveira¹, Fabrícia Neres Borges¹.

¹PUC Goiás – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Resumo – O trabalho propõe realizar o monitoramento da vazão e pressão de um sistema de irrigação a pivô central em seus aspersores, como forma de controlar o consumo de água e energia elétrica. Através da análise dos dados colhidos nos sensores do pivô, busca-se ter um controle maior do conjunto motor bomba. Para isso, foi desenvolvida uma placa de comunicação utilizando a tecnologia de transmissão de dados via rede elétrica *Power Line Communication*, aproveitando a estrutura do pivô central. Os dados colhidos são transmitidos até uma central, onde serão tratados e transmitidos via internet para que seja possível, de forma remota, ter acesso aos dados e ao funcionamento do sistema. Evitando assim, a utilização de transmissão via rádio frequência dos dados de pressão e vazão, os quais sofrem com incidentes da natureza, como, por exemplo, as descargas atmosféricas.

Palavras-chave: Inversor de frequência, Sensor de pressão, Pivô central e PLC.

DEVELOPMENT OF MODEM PLC FOR MONITORING AND CONTROL OF IRRIGATION SYSTEMS TO CENTRAL PIVOT

Abstract – The aim of the work is to monitor the pressure and pressure of a central irrigation system in its efforts, such as water control and electric power. The analysis of digital sensors in the power of pivot, search-and-the-major level of motor pump. For this, a communication network was developed using a data transmission technology via the electric network, which allows the communication of a central pivot structure. The data collected is transmitted to a central office, where it will be processed and transmitted via the internet so that it is possible, remotely, with access to the data and the operation of the system. Thus avoiding the use of radiofrequency transmission of pressure and flow data, problems with incidents of nature, such as, for example, atmospheric discharges.

Keywords: Frequency Inverter, Pressure Sensor, Center Pivot and PLC.

I. INTRODUÇÃO

Agricultura é a união de técnicas aplicadas no solo para o cultivo de vegetais destinados à alimentação humana e animal, produção de matérias-primas e ornamentação. A agricultura é uma atividade produtiva de grande importância para o homem, pois é a partir dela que temos o nosso sustento. Para que tenha eficiência no processo produtivo, é necessário que se tenha uma evolução nas tecnologias usadas no processo [1].

Um dos fatores importantes para uma produção eficiente é a irrigação que assume um caráter essencial no cultivo das plantações, no desenvolvimento dos vegetais, para o qual a água é determinante nas várias etapas que determinam o sucesso da produção agrícola.

Dessa forma, essa é uma ação necessária, pois a aplicação de água nas culturas aumenta a eficiência de uso de outros insumos, como fertilizantes, por exemplo, garantindo a produção na entressafra em regiões áridas ou de regime pluviométrico inconstante, além de oferecer segurança durante os períodos de seca.

Um dos mecanismos utilizados na regadura é a irrigação por aspersão, um tipo de mecanismo que simula uma chuva artificial, onde um aspersor expõe água para o ar, que, por resistência aerodinâmica, se transforma em pequenas gotículas de água que caem sobre o solo e as plantas, onde os principais sistemas por aspersão são o convencional e o pivô central.

No sistema de irrigação a pivô central é constituído de uma área circular projetada para receber uma estrutura suspensa em seu centro (pivô), que recebe uma tubulação por meio de um raio que gira em toda área circular, a água é aspergida por cima da plantação. O pivô central é o sistema de irrigação por aspersão mais automatizado que existe no mercado [2], podendo essa automação variar desde um simples acessório a controladores que permitem o seu acionamento à distância por meio de ondas de rádio ou telefone celular [3].

Segundo estudos realizados por [4], o clima tropical do Brasil é um dos grandes fatores que ocasionam os incidentes com descargas atmosféricas, ficando mais evidente no meio rural, onde se trata de campo aberto. O sistema de irrigação a pivô central localiza em campo aberto, onde sua transmissão de dados via antena rádio vem a ficar de forma exposta ao tempo, aumentando assim à probabilidade de vir a sofrer

*brunnosegatti@gmail.com

descargas atmosféricas e tendo o aumento do índice de queima dos equipamentos de comunicação.

A automação desejada e implementada deve ser aquela que considera as informações dos sensores no solo, na planta ou na atmosfera, para o acionamento do sistema de irrigação, e não um calendário programável. Para uma eficiência do equipamento, é necessário que se tenha um controle no processo de irrigação, para que não haja desperdício de água, o que pode prejudicar, até mesmo, a plantação no seu processo produtivo [5].

Para auxiliar no processo de controle do sistema de irrigação, este projeto propõe que seja realizado um sistema automatizado, com uma maior mobilidade e segurança. Para tanto, faz-se necessário dividir o desenvolvimento deste projeto em duas áreas: *hardware* e *software*. A primeira consiste em elaborar um circuito dedicado (sistema embarcado) capaz de verificar periodicamente as variáveis ambientais no sistema de irrigação a pivô central, e enviá-las através da tecnologia por meio de comunicação via rede elétrica, *Power Line Communication* (PLC) [6], a uma central remota, que armazena as informações em um banco de dados e decide a necessidade (baseado em análises de para cada tipo de cultivo) de acionar a irrigação, bem como sua duração. Os comandos são executados no *hardware*, o qual terá aplicações adicionais como, por exemplo, acionar outros sistemas independentes do sistema principal de irrigação. Já o *software* pode ser instalado em computadores pessoais, bem como em dispositivos móveis, tendo em vista sua popularidade e mobilidade para o monitoramento e controle das variáveis necessárias ao bom funcionamento do sistema de irrigação [7].

Em 1897 já se pensava em utilizar a rede elétrica para outros afins, não somente para transporte de energia elétrica, no qual realizou o controle das lâmpadas de iluminação pública das ruas de Londres, através de distorções momentâneas na forma de onda de tensão utilizando a comutação de lâmpadas entre ligado e desligado, técnica está conhecida como *Ripple Control* [8]. A transmissão de dados via rede elétrica começou por volta da década de 60 do século XX, visando aproveitar as infraestruturas das redes elétricas para realizar comunicações de um ponto ao outro [8].

A Tecnologia *Power Line Communications* (PLC) é utilizada para proporcionar o acesso à comunicação de dados através de outro meio físico, a rede elétrica [9], que oferece propriedades para desenvolver um sistema de monitoramento e controle em tempo real, com o objetivo de coletar dados dos sensores ao longo do pivô e fazer a comunicação de dados com a central de monitoramento [10].

Em sistemas de irrigação a pivô central que se aplica a grandes áreas, a comunicação dos sensores com o controlador via cabos é inviável por causa da grande distância. Portanto, a utilização de sistemas de transmissão de dados via modem PLC (*Power Line Communication*, via rede elétrica), o qual utiliza a rede elétrica já existente em loco que vai a cada torre do pivô, mostra-se como uma ferramenta atraente e aplicável e, desse modo, a exemplo da mecanização, a irrigação poderá ser de precisão. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver *softwares* e *hardwares* dedicados ao monitoramento e ao

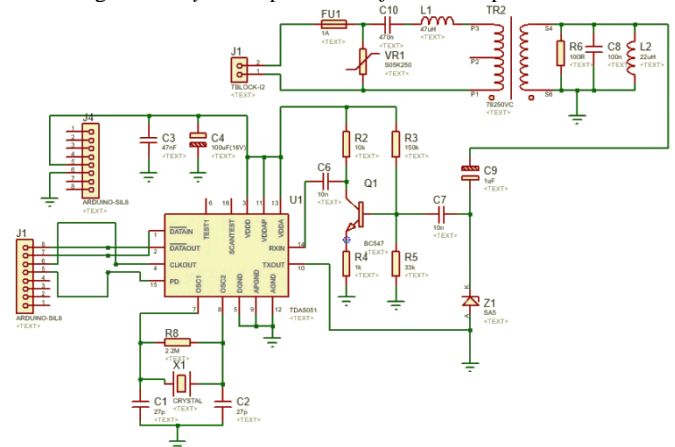
controle automático com precisão em sistemas de irrigação [5].

II. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto desenvolvido propõe-se a auxiliar na irrigação por aspersão, visando aumentar a eficiência que esta técnica oferece, através da realização do controle da vazão e pressão. Para atingir esse propósito foi utilizado o modem PLC da NXP modelo TDA5051AT [11], que possibilita a transmissão de dado via rede elétrica, aproveitando a infraestrutura elétrica que existe em um pivô central para transmitir as informações colhidas através dos sensores de pressão e vazão até um sensor central. Para que se tenha êxito é necessária a construção de placas *Shield* para o *kit* didático arduino, com a finalidade da realização de experimentos.

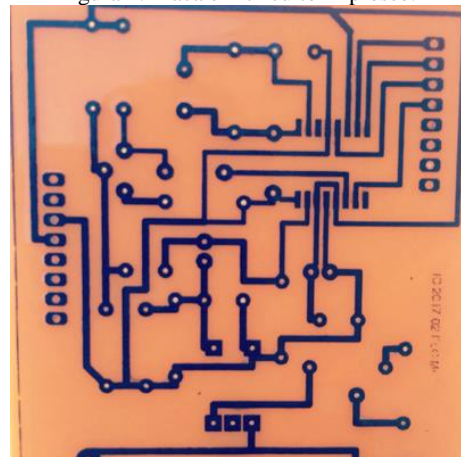
Foram realizados os testes no Laboratório 009, do Bloco G da PUC Goiás (Pontifícia Universidade Católica de Goiás) na área 3, onde, primeiramente, foi desenvolvido em *software* computacional, o esquemático (Figura 1).

Figura 1: *Layout* da placa em *software* computacional.



Logo em seguida, foi possível realizar a criação física de um protótipo em *hardware*, podendo ser possível a sua transferência para placa de circuito impresso compatível com a plataforma arduino mega, denominada *Shield* (Figura 2).

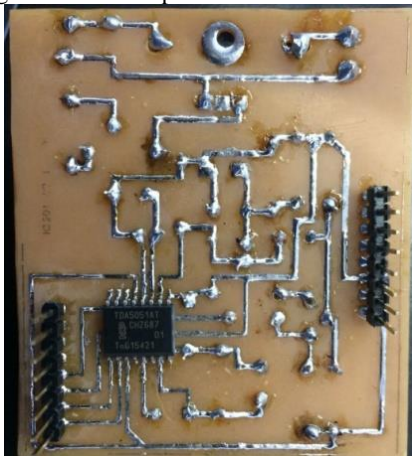
Figura 2: Placa em circuito impresso.



Após soldar todos os componentes nas placas têm-se a imagem do verso da placa na Figura 3, onde optou-se em

estancar totalmente a trilhas e aplicar o verniz, evitando assim a oxidação do cobre.

Figura 3: Verso da placa com trilhas estanhadas.



A Figura 4, ilustra uma visão superior da placa onde pode-se observar a disponibilidade dos componentes utilizados no protótipo de comunicação.

Figura 4: Vista superior com os componentes alocados na placa.

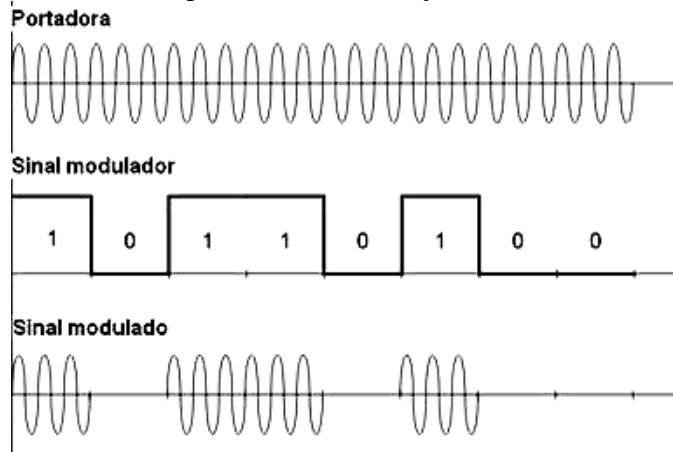


Para este protótipo, foi utilizado o modem PLC da NXP modelo TDA5051AT [11], que transmite seus dados através da modulação ASK (*Amplitude Shift Keying*) Modulação por Variação de Amplitude (Figura 5), ou seja, sua transmissão é realizada através da mudança de sua amplitude [12] [13], que pode variar entre os níveis lógicos baixo ou alto, respectivamente 0 e 1.

Este modem nos dá a opção de variar sua velocidade de transmissão (*Baud Rate*) de 600 a 1200 vezes por segundos, onde analisando o fator distância em tentativa e erro, podendo assim configurar a melhor velocidade de transmissão sem perdas de dados, aonde o mesmo vem a trabalhar com uma tensão de entrada de 5V.

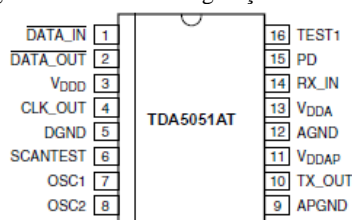
O modem TDA5051AT é composto por 16 pinos (Figura 6) (*DataSheet*), sendo que os de mais importância aqui analisados, são os de transmissão e recepção de dados.

Figura 5: Sinal em modulação ASK.



A Tabela 1 trás as funções de cada um dos 16 pinos, o qual se tem dois pinos para a transmissão de dados.

Figura 6: Pinos de configurações do modem.



O Pino 02 (*DATA_OUT*) que é a saída digital de dados, sinal este que vem do nosso micro controlador, que neste caso é da ATMEL, ou seja, transmite as informações em níveis lógicos 0 e 1 (sinal modulador).

Tabela 1: Descrição dos pinos do modem.

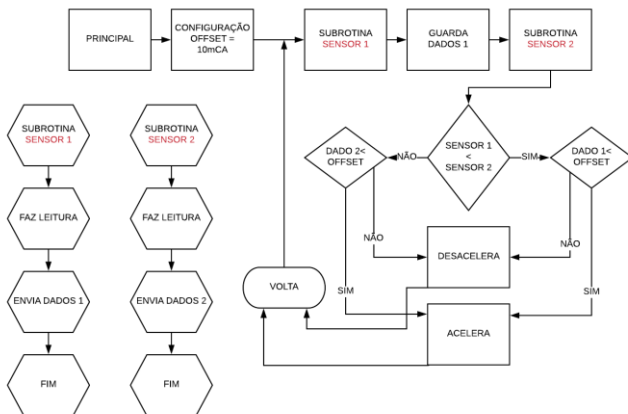
Símbolo	Pino	Descrição
DATA_IN	1	Entrada Digital de Dados
DATA_OUT	2	Saída Digital de Dados
Vddd	3	Tensão de Alimentação Digital
CLK_OUT	4	Saída do <i>Clock</i>
DGND	5	Gnd Digital
SCANTEST	6	Entrada de Teste (aplicação em sinal baixo)
OSC1	7	Entrada do Oscilador
OSC2	8	Saída do Oscilador
APGND	9	Gnd do Amplificador de Potência
TX_OUT	10	Saída do Sinal Analógico
Vddap	11	Tensão de Alimentação do Amplificador de Potência
AGND	12	Gnd Analógico
Vdda	13	Tensão de alimentação Analógica
RX_IN	14	Sinal de Entrada Analógico
PD	15	Entrada de Desligamento (ativo em sinal alto)
TEST1	16	Entrada de Teste (aplicação em sinal alto)

Onde em seguida são enviados para o pino 08 (OSC2) oscilador de saída, que é a portadora de saída do nosso sistema, e tem a função de gerar um sinal modulado a ser transmitido pelo pino 10 (*TX_OUT*) Saída de sinal analógico, onde via rede elétrica é transmitido até o modem na ponta da linha, que por sua vez fará a o caminho inverso onde, através do pino 14 (*RX_IN*) sinal de entrada analógico, recebe este sinal modulado, e envia até o pino 07 (OSC1) entrada do

oscilador, que transforma o sinal analógico em digital o transmitido para o Pino 01 (*DATA_IN*) entrada digital de dados, onde se consegue fazer a leitura dos dados colhidos através do micro controlador.

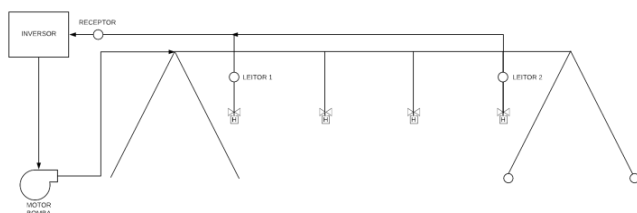
A Figura 7 ilustra o diagrama onde é analisada a sequência de funcionamento após configurar seu *offset*, neste caso foi utilizado como exemplo a configuração do sistema com uma pressão desejada de 10mca, onde em sua primeira sub-rotina faz a leitura do sensor 01 e guarda seus dados, realizando em seguida a leitura da segunda sub-rotina, que de posse dos dados do sensor 01 comparado com os dados do sensor 02 obtemos o próximo passo onde se faz o seguinte comparativo, (sensor 01 é menor que sensor 02) caso esta sentença seja verdadeira, o sistema verifica se os dados colhidos no sensor 01 serão menores que os dados inseridos na configuração do sistema (*offset*), caso eles venham a serem menor que o configurado, o próximo passo é acelerar o motor para que consiga atingir a pressão configurada no início e manter assim a pressão dos dois sensores o mais uniforme possível, independe de terreno e seus desníveis naturais.

Figura 7: Diagrama de funcionamento.



Já a Figura 8, ilustra a sua disponibilidade de alocação no pivô central, onde o leitor 01 localizado próximo ao primeiro bico aspersor tem como finalidade realizar a leitura do sensor 01 como descrito no diagrama apresentado na Figura 7, o leitor 02 está localizado junto ao último bico aspersor desta sessão de pivô, e é representado pelo sensor 02 descrito no diagrama, após realizar uma leitura completa, os dados são enviados ao receptor que irá alimentar o Inversor, que por sua vez controlará o motor bomba aumentando ou diminuído a sua rotação para que tenhamos a pressão exata configurada para a aplicação na agricultura desejada.

Figura 8: Esquemático de alocação em campo no pivô.



III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em bancada, o sistema foi distribuído em 02 (duas) partes: a primeira parte foi denominada de Master, com objetivo de colher os dados transmitidos via rede elétrica e apresentar as informações em uma tela LCD (*Liquid Crystal Display*), onde havia 01(um) arduino mega, 01(um) protótipo da placa construída e 01(uma) tela de LCD (16x2). A segunda parte foi chamada de escravo, onde este tinha a finalidade de ler uma tensão que seria variada por um potenciômetro e com a finalidade de simular o sensor de pressão do pivô, e enviar a variação correta via rede elétrica até o *master*, a sessão nomeada escravo é composta por 01(um) arduino mega, 01(uma) placa protótipo e um potenciômetro multi-volta.

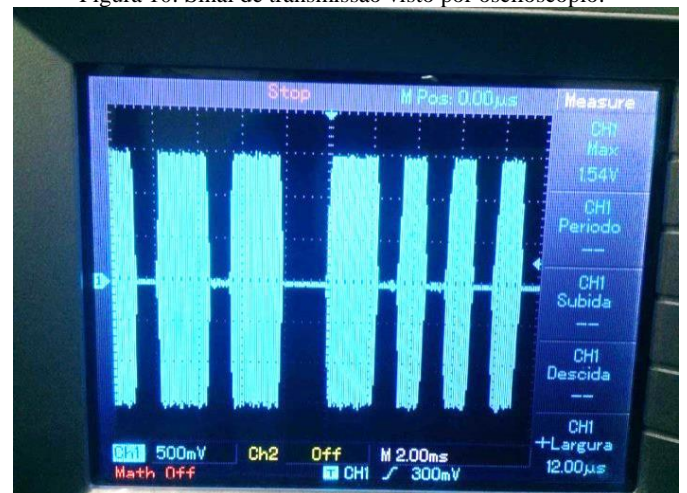
A tensão pôde ser alterada através do potenciômetro multi-voltas Figura 9 que, neste caso, teve o objetivo de simular o sensor localizado no bico do pivô.

Figura 9: Teste em laboratório com potenciômetro multi-voltas com o objetivo que controlar a tensão.



Diante de um osciloscópio com seus terminais conectados à saída da placa criada onde se tinha a transmissão de dados, obteve-se assim, a sua forma de onda vide Figura 10, que mostra claramente a principal característica da modulação ASK, transmissão em nível alto.

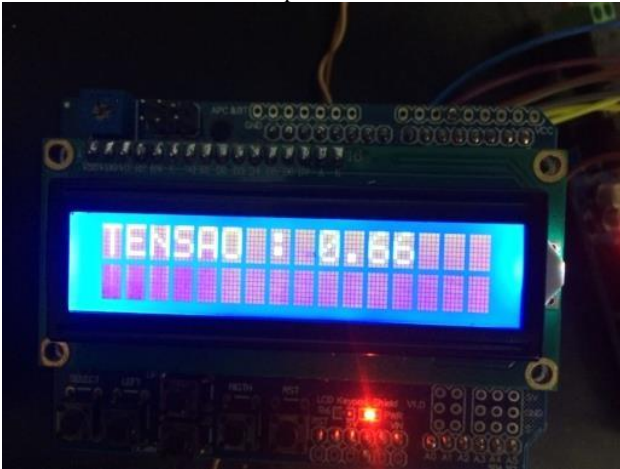
Figura 10: Sinal de transmissão visto por osciloscópio.



Para que fosse possível analisar, e ter o controle da tensão que se estava transmitindo, foi inserido um visor de LCD que

possibilitou realizar a leitura da tensão quando a mesma sofria variações (Figura 11).

Figura 11: Amostragem da tensão em *Display LCD* após alterar dado em potenciômetro.



Em testes realizados em Estação de Processo de Fluxo – *LabVolt* da PUC Goiás área 3 Bloco G na sala 005, apresentado na Figura 12, a tensão de entrada foi variada em seu inversor, que trabalha de 0 a 20mA, onde entramos com uma tensão respectivamente de 0 a 5V e foi possível controlar a rotação do motor bomba a partir do seu momento de partida, que se inicia em 30Hz, até sua frequência máxima de rotação de 60Hz com 3450rpm.

Figura 12: Placa conectada ao inversor da bancada *LabVolt*.



IV. CONCLUSÕES

Os experimentos realizados em laboratório mostram o correto funcionamento do modem para a transmissão e recepção de dados de pressão e o acionamento da bomba através do inversor de frequência, o qual variou a velocidade do sistema bomba. Por se tratar de protótipo de um hardware, onde se utiliza de uma tecnologia ainda não aplicada para tal situação, e baseando nos dados colhidos em experimento laboratorial, pode-se concluir que houve um resultado aceitável dentro dos padrões de transmissão via modem PLC, resultado esse que deve ser aperfeiçoado futuramente com novos estudos.

É importante ressaltar que a utilização do mesmo será aplicada em campo agrícola, onde se pretende ter uma conexão exclusiva e dedicada somente a essa transmissão, para que seja possível obter um resultado mais objetivo e confiante, como forma de se evitar o risco da perda dos dados coletados no bico do pivô de irrigação.

REFERÊNCIAS

- [1] Bernardo, S.; soares, A. A.; mantovani, E. C. *Manual de irrigação*. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- [2] Vilela, L. A. A. *Metodologia para dimensionamento de um sistema de pulverização acoplável a pivô central*. 2002. 127 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- [3] Queiroz, T. M. *Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central*. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2007. 141 p.
- [4] Filho, A. F. R.; Martinelli, R. C. *Descargas atmosféricas em campo aberto e risco de choque elétrico em trabalhadores rurais*. Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia Engenharia Elétrica - Brasília, julho 2016.
- [5] Medeiros, A. M. M. *Potencial de Economia de Energia Elétrica em Sistemas de Irrigação a Pivô Central com Uso de Inversor de Frequência no Estado de Goiás*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica e Computação, Goiânia-GO, 2005. 137 p.
- [6] Júnior, H. F. S. *Tecnologia PLC transmissão de dados através da rede elétrica, Especialização em MBA em Telecomunicações*. Universidade Salgado de Oliveira Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa MBA em Telecomunicações, Goiânia, 2007.
- [7] Queiroz, T. M.; botrel, T.A.; frizzone, J. A. *Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central*. *Engenharia. Agrícola*. v.28, n.1, p.44-54, Jaboticabal-SP. 2008.
- [8] Marques, F. S. *Contribuições para regulamentação da tecnologia PLC no Brasil com base em testes de campo*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica e Computação, Goiânia-Go, 2009.104p.
- [9] Oliveira, D. L.; Couto, E. A; Faria, L. H. *Tecnologia PLC e as redes inteligentes de energia elétrica*. Trabalho de conclusão de curso. Instituto Unificado de Ensino Superior Objetivo - IUESO, Goiânia, 2010.
- [10] Alves, V.; Gondo, H.; Santos, J. E. R.. *Aplicação e transmissão de dados em Power Line Communication*. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Unificado de Ensino Superior Objetivo - IUESO, Goiânia, 2011.
- [11] NXP Semiconductors. *TDA5051A Home automation modem*, NXP B.V.,2011. Disponível em: <<https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/TDA5051A.pdf>>. Acesso em: 20 mar 2018.
- [12] Haykin, S.; moher, M. *Sistemas de comunicação*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

[13] Lathi, B. P.; Ding, Z. *Sistemas de comunicação analógicos e digitais modernos. 4. ed.* Rio de Janeiro: LTC, 2012.