

ESTUDO DE TÉCNICAS DE CONTROLE PARA IRRIGAÇÃO INTELIGENTE COM ALIMENTAÇÃO FOTOVOLTAICA NA AMAZÔNIA

**BRUNA OLIVEIRA FERREIRA^{1*}; HEIDERSON BACHA FIGUEIREDO²;
RAFAEL AUGUSTO DIAS REZENDE³; ALLAN DOUGLAS FERREIRA CORRÊA⁴;
MERILENE DO SOCORRO SILVA COSTA⁵**

¹Graduanda em Engenharia Florestal, UFRA, Belém-PA, bruhdantas17@gmail.com;

²Engenheiro Eletricista, UFPA, Belém-PA, heidersonbacha@gmail.com;

³Graduando em Engenharia Elétrica, UFPA, Belém-PA, rafael.augusto.d.r@gmail.com;

⁴ Engenheiro Eletricista, UFPA, Belém-PA, allan_box83@hotmail.com;

⁵ Dr. em Ciências Agrárias, Prof.^a Titular na UFRA, UFRA, Belém-PA, merilene@hotmail.com.

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Apesar de contribuir com o maior consumo da água potável do nosso planeta, a agricultura, aproveita somente 40% do total de água consumido. A falta de conhecimento, ou de tecnologias que auxiliem os agricultores talvez sejam os principais responsáveis por dados tão assustadores na agricultura. O presente trabalho objetivou desenvolver um sistema ciber-físico de irrigação inteligente, alimentado por energia solar fotovoltaica, para pequenos cultivos, com a finalidade de atender as áreas onde não há o fornecimento de energia elétrica. Para a confecção da placa central que comanda a irrigação inteligente foi esquematizada e simulada no Software Proteus, usou-se o PIC18F4550, programado em Linguagem C+. A programação foi padronizada com base no valor da resistência medida para um solo com 80% e 60% da CC. A alimentação foi dimensionada para suprir a placa central e remotas, além do sistema de distribuição de água. No laboratório, o sistema identificou corretamente a umidade do solo e acionou a válvula quando o sensor da placa remota foi inserido na condição de solo seco, conforme a umidade aumentou, chegando a condição de umidade ótima prevista na calibração, a válvula voltou a condição de normalmente fechada, demonstrando um tempo ótimo de resposta do sistema. O sistema de alimentação escolhido supriu, com ótimo rendimento.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento ambiental, irrigação inteligente, agricultura de precisão, energia renovável.

STUDY OF CONTROL TECHNIQUES FOR INTELLIGENT IRRIGATION WITH PHOTOVOLTAIC POWER SUPPLY IN THE AMAZON

ABSTRACT: Although it contributes to the highest consumption of drinking water on our planet, agriculture uses only 40% of the total water consumed. Lack of knowledge, or technologies that help farmers, are perhaps the main culprits for such frightening data in agriculture. The present work aimed to develop a cyber-physical system of intelligent irrigation, powered by photovoltaic solar energy, for small crops, in order to attend areas where there is no electricity supply. The PIC18F4550, programmed in C + language, was used to make the central plate that commands the intelligent irrigation. The programming was standardized based on the value of the resistance measured for a soil with 80% and 60% of the CC. The power supply has been sized to supply the central and remote board as well as the water distribution system. In the laboratory, the system correctly identified the soil moisture and triggered the valve when the remote plate sensor was inserted in the dry soil condition, as the humidity increased, arriving at the optimal humidity condition predicted in the calibration, the valve returned to the condition of normally closed, demonstrating an optimal system response time. The chosen feeding system supplied with great efficiency.

KEYWORDS: Environmental monitoring, intelligent irrigation, precision farming, renewable energy.

INTRODUÇÃO

O setor agrícola desempenha um papel importante no desempenho econômico do Brasil, apesar da agricultura ter ocupado apenas 5,4% do PIB em 2010-13. O número representa uma pequena parcela diante do nível de desenvolvimento do país. A agricultura brasileira alcançou um forte crescimento nas últimas três décadas. A produção agrícola mais do que dobrou em volume, comparada ao nível registrado em 1990 (FAO, 2015).

A agropecuária é o setor que mais consome e também o que mais desperdiça água doce no Brasil e no mundo. Cerca de 70% do consumo de água no planeta é proveniente da irrigação. No Brasil esse número sobe para 72%, porém mais da metade desse montante é jogada fora. As estimativas são do Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, na sigla em inglês). Entre os motivos do desperdício estão irrigações mal executadas e falta de controle do agricultor na quantidade usada em lavouras e no processamento dos produtos. Os impactos recaem sobre o ecossistema, já que lençóis freáticos e rios sofrem com a falta de chuvas e correm o risco de secar ao longo dos anos.

Apesar de contribuir com o maior consumo da água potável do nosso planeta, a agricultura, não consegue aproveitar de maneira correta a quantidade de água utilizada, aproveitando somente 40% do total consumido (FAO, 2015). A falta de conhecimento, ou de tecnologias que auxiliem os agricultores talvez sejam os principais responsáveis por dados tão assustadores na agricultura.

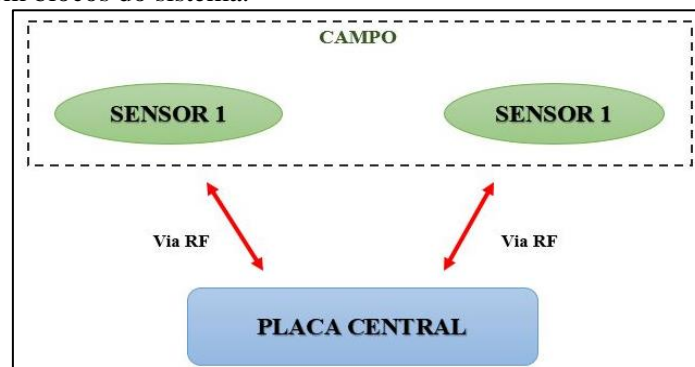
No presente trabalho foram utilizadas técnicas de controle para desenvolver um circuito capaz de reconhecer a umidade do solo através do valor da resistência de sua resistência, coletada por sensores de confeccionados pelos autores. O circuito é capaz de gerar uma frequência que acompanha a variação da umidade do solo, a partir daí pode-se controlar a irrigação do solo de acordo com sua necessidade.

Este trabalho, que utiliza a energia solar como fonte geradora de eletricidade para alimentar um sistema autônomo de irrigação, ajuda os agricultores no plantio familiar, desenvolvendo estudos para a otimização do uso da água na área da agricultura, bem como técnicas para aproveitamento máximo do recurso solar, sem que haja um custo elevado para as pessoas que optarem por utilizar essa técnica de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema é composto em duas partes, placa central e duas remotas. Na placa central é onde são coletados os dados dos sensores e também é possível realizar a comunicação com o computador. Nas placas remotas, está o sensor resistivo que fica inserido no solo e através dele é possível perceber a alteração da umidade do solo. Na Figura 1 é verificado diagrama em blocos em resumo do sistema.

Figura 1. Diagrama em blocos do sistema.



Foram implementados dois sensores, mas é possível o acréscimo de um maior número desses apenas com uma alteração no *software* da placa central.

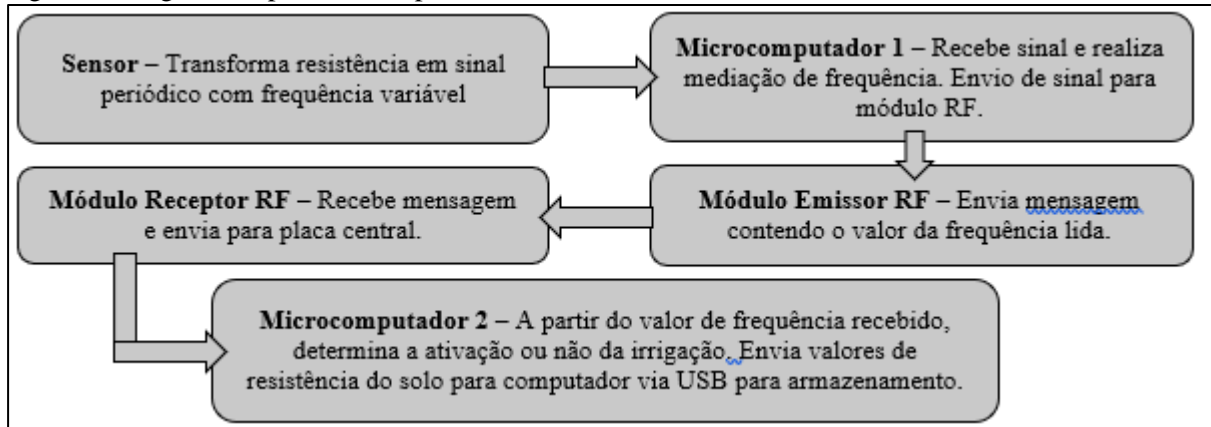
Para a confecção da placa do circuito foi necessário: uma placa de fenolite, que possui uma fina película de cobre, na qual foram impressas as trilhas de material do circuito que interligam os componentes eletrônicos. Para composição do circuito foram utilizados dois (2) resistores de filme de carbono (popularmente, resistores de carvão) com resistências iguais, medidas em aproximadamente 100K, para diminuir os erros do sistema na hora da calibração.

Foram usados também microcomputadores, que são pequenos dispositivos dotados de “inteligência”, basicamente constituídos de CPU (Unidade Central de Processamento), memória e

periféricos (por exemplo, portas de entrada e saída – E/S). Os microcomputadores utilizados no protótipo foram do tipo PIC (*Programmable Intelligent Computer*) essenciais nesse projeto pois será responsável por armazenar toda a programação do sistema, e transformar a grandeza elétrica emitida e em dados. O microcontroladores escolhidos para esse protótipo foram o PIC18F4550 para placa central e o PIC16F628A para as placas remotas. Para a comunicação entre as placas remotas e a placa central, foi utilizado Módulo RF Transmissor + Receptor, modelo MX-FS-03V que trabalha na frequência de 315MHz AM, alimentado com 5v DC (STRACQUADANIO, 2004).

A Figura 2 exibe um fluxograma explicativo da função e lógica de ação de cada um dos componentes funcionais do sistema, definidas a partir da programação de seus microcomputadores e respectivos periféricos.

Figura 2. Diagrama explicativo do processo.



Para o desenvolvimento do código que envolve o funcionamento do sistema proposto foi utilizado o ambiente de desenvolvimento Proteus e PICkit 2 *Programer Software* que é escrito em Java e sua linguagem de programação é baseada em C e C++, para a programação e gravação do código no PIC e para a programação da comunicação entre o sensor e o computador.

A ativação ou não da irrigação é dada a partir da resistência do solo, sabendo que o valor de Capacidade de Campo de umidade ótima do solo para que haja bom desenvolvimento da planta encontra-se em uma faixa que vai 60% a 80% da CC, pois sempre está com água disponível para absorção da planta e abaixo do nível que provoca o afogamento das mesmas, bem como o apodrecimento de suas raízes, a programação foi padronizada com base no valor da resistência medida para um solo com essa faixa de CC. Para a determinação da resistência do solo nessas condições, foi adicionado a um recipiente com o sensor, uma amostra do solo e água suficiente para ultrapassar o nível desse solo, tem-se, após 12 horas, o nível de umidade de aproximadamente 80%. Em seguida, com o total encharcamento do solo se foi determinado o valor de resistência a 100% de nível de umidade.

O circuito de alimentação, baseia-se na geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos acoplados através de um controlador de carga a uma bateria de 12 V, modelados de forma a suprir a necessidade do sistema de irrigação, incluindo o bombeamento da água para um reservatório, o qual disponibilizará esta para a irrigação, e para outras atividades gerais quando a quantidade de água no reservatório ultrapassar a margem de consumo diário das plantas. O reservatório superior é constituído de uma chave boia, a qual interrompe a alimentação da bomba quando o reservatório atinge o seu limite de capacidade, a fim de evitar o desperdício de água e energia. Com o reservatório superior completamente cheio, toda a energia gerada pelo painel é usada para recarregar a bateria de 12 V. A fim de obter a eficiência do sistema solar de alimentação, foi utilizado um simulador solar, que é um dispositivo que fornece iluminação que se aproxima da luz solar natural. A determinação da curva característica foi efetuada em um painel fotovoltaico de silício policristalino de 36 células e potência nominal de 45 W, que seria adequada para o sistema de irrigação e bombeamento. Após a simulação foram obtidas a tensão máxima de pico (V_{mp}) de 16,23V e a corrente máxima de pico (I_{mp}) de 2,66A, com ponto de potência máxima (P_m) de 43,26 W. Outros dados gerados pelo simulador podem ser vistos na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** 3.

Figura 3. Dados da simulação do painel fotovoltaico

TPS-M2221-CoeficienteNovo			
Manufacturer	DESCONHECIDO	Type	POLI
Serial number		Configuration DUT	Module
Single cell area	46.80 cm ²	DUT area	2039.92cm ²
Cells in series	36	Cells in parallel	1
Mono + th		Irradiance Channel 1	
Serial number	370		
Sensitivity	128.700 mV/(kW/m ²)	Temperature coefficient	0.00%/°C
TSP-M2221-1		Irradiance Channel 1	
Monitor cell temperature	22.21 °C	Fill factor	72.12%
DUT temperature	24.01 °C	Cell efficiency	13.69%
Compensated	25.00 °C	DUT efficiency	11.31%
Gavg	1001.85 W/m ²		
GstdDev	0.21 W/m ²		
Compensated Irradiance	1000.00 W/m ²		
Regression linear for Voc	21.662 V		
Linear regression Isc	1.477 A		
Regression linear for	1.800 Ω		
Regression linear for	364.950 Ω		
Maximum power	43.269 W		
Voltage at Maximum	16.233 V		
Current at Maximum	2.662 A		

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de simular o sistema projetado optou-se por utilizar como ferramenta o *software* Proteus, da empresa inglesa *Labcenter Electronics*. no qual foram dimensionados parâmetros e valores a serem utilizados no projeto real. Nesse ambiente, foi criado todo o circuito referente às placas central e remota deste projeto, as mesmas foram arquitetadas em PCB design para serem impressas. A Figura 4 mostra o circuito e design da placa central construída nas plataformas do Proteus.

Tendo posse dos valores de 100% e 80% de umidade, foi determinado o valor para 60%. Os resultados encontrados são apresentados na Tabela 1 e foram usados na programação do sistema para determinar o momento de acionamento e desligamento das válvulas. Assim, as plantas recebem a quantidade de água adequada para seu desenvolvimento considerando todos os fatores interferentes: evapotranspiração, tipo de solo, entre outros.

Figura 4: Placa central.

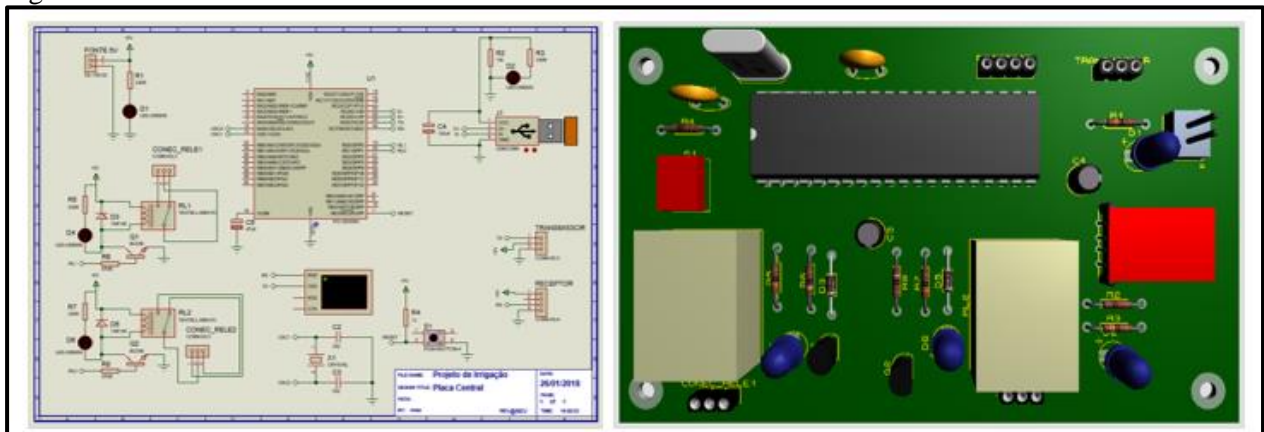


Tabela 1. Leitura e tratamento dos dados coletados pelo sensor.

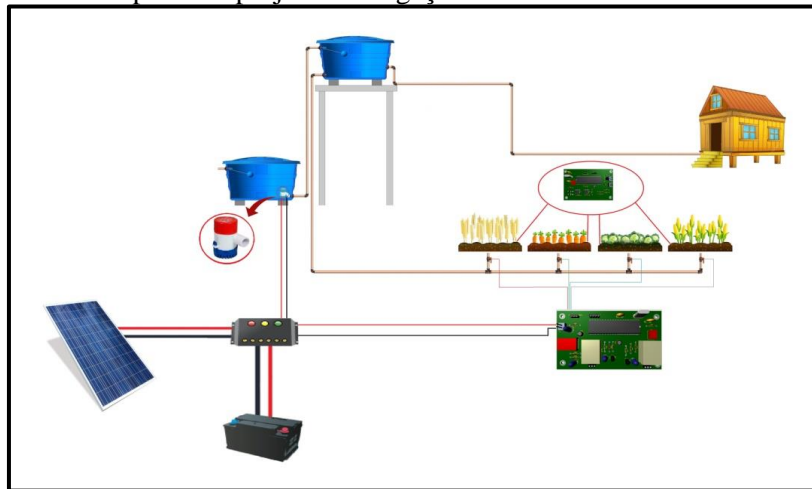
Sensor	100%	80%	60%
1	8,4 kΩ	42,4 KΩ	76,4 KΩ
2	10,2 kΩ	43,7 KΩ	77,2 KΩ

No laboratório, o sistema identificou corretamente a umidade do solo e acionou a válvula quando o sensor da placa remota foi inserido na condição de solo seco, conforme a umidade aumentou, chegando a condição de umidade ótima prevista na calibração, a válvula voltou a condição de

normalmente fechada, demonstrando um tempo ótimo de resposta do sistema. Dessa forma, o sistema mostrou eficácia uma vez que o programa identificou o atendimento à condição de ajuste pré-estabelecida.

O circuito de alimentação, baseia-se na geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos acoplados através de um controlador de carga a uma bateria de 12 V, modelados de forma a suprir a necessidade do sistema de irrigação, incluindo o bombeamento da água para um reservatório, o qual disponibilizará esta para a irrigação, e para outras atividades gerais quando a quantidade de água no reservatório ultrapassar a margem de consumo diário das plantas. O reservatório superior é constituído de uma chave boia, a qual interrompe a alimentação da bomba quando o reservatório atinge o seu limite de capacidade, a fim de evitar o desperdício de água e energia. Com o reservatório superior completamente cheio, toda a energia gerada pelo painel é usada para recarregar a bateria de 12 V. O esquemático completo do sistema pode ser visto na Figura 5 a seguir.

Figura 5: Esquemático completo do projeto de irrigação



CONCLUSÃO

No laboratório, o sistema identificou corretamente a umidade do solo e acionou a válvula quando o sensor da placa remota foi inserido na condição de solo seco, conforme a umidade aumentou, chegando a condição de umidade ótima prevista na calibração, a válvula voltou a condição de normalmente fechada, demonstrando um tempo ótimo de resposta do sistema. Dessa forma, o sistema mostrou eficácia uma vez que o programa identificou o atendimento à condição de ajuste pré-estabelecida.

O comunicador utilizado não se comportou como planejado, não é recomendado seu uso pois não atinge a distância de comunicação que os fabricantes definem, mas será trocado o equipamento em trabalhos futuros.

O sistema de alimentação escolhido supriu, com ótimo rendimento, a necessidade para qual fora designado, mantendo o acionamento da bomba estável e conseqüentemente o nível de água no reservatório adequado para o sistema.

REFERÊNCIAS

- FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. 2015. Acesso em 24 de 10 de 2017, disponível em: < www.fao.org: <http://www.fao.org/brasil/fao-no-brasil/pt/>>.
- MIYADAIRA, A. N. Microcontroladores PIC18: aprenda em linguagem C. São Paulo: Érica. 2009.
- SALVADORI, G. K. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA A MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO UTILIZANDO SENSOR CAPACITIVO. Tese de Mestrado apresentada na UFSC. Canoas, RS, BRASIL. 2013.
- STRACQUADANIO, Giacomo de Almeida. Transmissão wireless: uma proposta de controle para a família de microcontroladores 8051. 2004.
- NUNES, Edson Alexandre; TIBOLA, Maicon Augusto. Kit Didático Para o Estudo de Controladores em Processos Físicos. 2016.