



PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE FERTIRRIGAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Samuel Ribeiro Castro*¹, Rodrigo Rimoldi de Lima¹

¹UFTM – Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Resumo - A agricultura brasileira vem sendo cada vez mais desafiada a alcançar patamares de maior produção e produtividade com redução de custos e diminuição de insumos e água. Para atingir tais parâmetros de produção, da forma mais racional possível, faz-se necessária a aplicação de conhecimentos de diversas áreas. Com tal proposta, a eletrônica coloca-se como um recurso disponível à produção agrícola através da Agricultura de Precisão. Diante da demanda de se monitorar parâmetros do solo, especialmente a condutividade elétrica (CE) e a umidade, com maior precisão e maior frequência, buscou-se combinar métodos e ferramentas que possibilitem a montagem de um sistema que permita ao agricultor tomar decisões baseadas em dados coletados e analisados diretamente em sua propriedade. A partir da análise do contexto exposto e interação com produtores rurais, foi possível esquematizar uma proposta visando auxiliar a coleta, o registro e a análise de dados relativos à CE e umidade de solos em ambiente protegido.

O objetivo deste trabalho foi fazer um levantamento da bibliografia e de dados de Pesquisa em andamento concernentes à disponibilidade de recursos disponíveis a agricultores que, em sua propriedade, precisam coletar, armazenar e analisar dados relativos à CE e à umidade. Também propor, com base nas informações obtidas, um sistema que permita o monitoramento automático de Condutividade Elétrica e umidade de substratos em cultivo protegido.

Palavras-Chave - Agricultura de Precisão, Condutividade elétrica, microcontrolador, sensores, umidade do solo.

AUTOMATION SYSTEM DEVELOPMENT FOR MONITORING FERTIGATION PARAMETERS IN PROTECTED ENVIRONMENT.

Abstract - Brazilian agriculture has been increasingly challenged to reach levels of higher production and productivity with a reduction in costs and a decrease in consumption of inputs and water.

In order to reach such production parameters, in the most rational way possible, it is necessary to apply knowledge from several areas. With such a proposal, electronics stands as a resource available to agriculture through Precision Agriculture. Due to the demand to monitor soil parameters, especially electrical conductivity (EC) and humidity, with greater precision and frequency, we sought to combine electronic methods and tools that allow the setting up of a system that allows the farmer to make decisions based on data collected and analyzed directly on his property.

From the analysis of the exposed context and the interaction with the rural producers, it was possible to outline an attempt to assist in the collection, recording and analysis of data related to EC and soil moisture in a protected environment. The objective of this work was firstly to survey the bibliography and research data in progress concerning the availability of available resources to farmers who, on their property, need to collect, store and analyze data related to EC and humidity. The objective was also to propose, based on the information obtained, a system that allows the automatic monitoring of Electrical Conductivity and humidity of substrates in protected culture.

Keywords - Precision Agriculture, Electrical conductivity, microcontroller, sensors, soil moisture.

I. INTRODUÇÃO

Dados de literatura indicam que o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias, como tecnologias de Agricultura de Precisão, são essenciais para o crescimento da produção e aumento da produtividade [1].

No entanto, a adoção e uso de tecnologias mais desenvolvidas na agricultura no Brasil ainda deixa muito a

*samrc27@gmail.com

desejar [2]. E isto se deve, entre outros fatores, à falta de precisão e praticidade de certos equipamentos usados para esse fim. O projeto objetiva implementar um sistema composto por sensor, circuito de condicionamento de sinal, um microcontrolador e um computador. Um microcontrolador é um circuito integrado que contém um núcleo processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída. Suas aplicações variam desde soluções domésticas simples a equipamentos de alcance comercial.

Agricultura de precisão (AP) é um termo utilizado para referir-se à estratégia de manejo de culturas através da utilização de tecnologias com o objetivo de, entre outros, diminuir a contaminação do solo, aperfeiçoar o uso de insumos agrícolas, redução de custos de produção e aumento de produtividade, buscando a proteção e preservação do meio ambiente. Além disso, a Agricultura de Precisão pode ser definida como um conjunto de técnicas que visa utilizar os recursos disponíveis na quantidade necessária para a cultura; utilizando-se, portanto, de métodos para medir e aplicar apenas o volume necessário, sem desperdício, de insumos ao desenvolvimento da cultura; e, também, pode ser a aplicação de tecnologia da informação na condução das lavouras [3]. Por conta disso, a eletrônica vem sendo largamente utilizada na chamada Agricultura de Precisão. Com a aplicação da eletrônica, tem sido possível medir variabilidades de solo com maior agilidade e, assim, racionalizar o uso de insumos e, dessa forma, reduzir o uso de fertilizantes, defensivos agrícolas e água; buscando, portanto, cumprir os propósitos da AP. Dentro dessa temática vários estudos têm sido apresentados como, por exemplo: o desenvolvimento de um sistema composto por hardware e software que visa o controle de um pivô central para irrigação de precisão [4]; o desenvolvimento de um sistema de automação para gerenciamento de subirrigação, de forma microcontrolada [5]; o uso de microcontrolador para análise de medidas de umidade e temperatura [6]; o desenvolvimento de um sistema de baixo custo para determinação da condutividade elétrica aparente com base em corrente contínua [7]; o desenvolvimento de uma arquitetura de sensoriamento remoto sensível ao contexto para irrigação [8].

No que tange ao uso da água como insumo, a fertirrigação coloca-se como uma alternativa tanto para a racionalização do uso de fertilizantes como para o uso da água. Seu princípio baseia-se na prática de aplicar junto com a irrigação os fertilizantes necessários à planta. Porém, como para tal aplicação faz-se mais indicado o monitoramento de parâmetros relevantes (como condutividade elétrica, pH e umidade, por exemplo), o seu uso é considerado laborioso, por alguns. Nesse contexto, surge o uso da eletrônica como ferramenta para medir os níveis de condutividade elétrica (CE) e umidade do solo.

II. MONITORAMENTO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E UMIDADE

Não há dúvidas que o uso da irrigação tem contribuído, significativamente, para o aumento da produtividade agrícola. Entretanto, o uso inadequado da água, principalmente em sistemas protegidos, tem resultado em perda da capacidade produtiva de solos ou substratos. A salinidade da água, devido a elevadas doses de fertilizantes,

provoca alterações nas propriedades físico-químicas do solo. O acúmulo de sais em volta das raízes prejudica o crescimento e desenvolvimento das culturas, provocando um decréscimo de produtividade e, em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola. Isto ocorre em razão da elevação do potencial osmótico da solução do solo, por efeitos tóxicos dos íons específicos e alteração das condições físicas e químicas do solo [9].

A Condutividade Elétrica (CE) é diretamente proporcional à taxa de íons disponíveis no solo, o que é considerado um representante direto do nível de salinidade do solo. Além disso, a sensibilidade à salinidade varia de acordo com as culturas, sendo que o rendimento de culturas medianamente sensíveis (cana-de-açúcar, por exemplo) pode chegar a 50% em solos de condutividade elétrica de $10,4 \text{ dS.m}^{-1}$ [10]. Da mesma forma, a medição constante da Umidade é importante pelo fato da água ser responsável por diversas funções orgânicas na planta. Quando se trata de cultivo em ambiente protegido o monitoramento de tais parâmetros faz-se ainda mais necessário, uma vez que em tais ambientes as variáveis que influenciam mais diretamente o desenvolvimento da planta são geridas, em sua maioria, pelo agricultor.

III. SENSOR DE MEDIÇÃO

O monitoramento de CE e umidade pode ser feito por sensores adquiridos no mercado de sensores relacionados à agricultura. O sensor proposto neste trabalho faz a medição da condutividade elétrica através de eletrodos de aço inoxidável. A medição se dá através de aplicação de corrente alternada entre dois eletrodos e posterior medição da resistência entre eles. A condutividade elétrica da massa é, então, obtida multiplicando a condutância (inverso da resistência) por uma constante derivada da distância entre os eletrodos e da área deles [11]. Faz-se, entretanto, necessária a calibração prévia em fábrica do sensor para sua correta utilização.

O processo de medição da umidade do solo é feito através da medição do conteúdo volumétrico de água (CVA), tendo em vista que estes parâmetros estão diretamente relacionados [12][13]. O processo de medição é feito através do uso de um campo eletromagnético para medir a permissividade dielétrica do meio. Um sensor gera ondas oscilantes de 70 MHz para a agulha do sensor que, por sua vez, carrega-se de acordo com o dielétrico do meio envolvente (o substrato). Dessa forma, é possível calcular internamente ao sensor a carga na agulha do sensor e, assim, através de calibração, apontar o conteúdo volumétrico de água presente naquela parte do substrato [11].

IV. COMUNICAÇÃO

A partir dos dados coletados no sensor, faz-se necessário sua disponibilização e seu armazenamento de forma conveniente. Tendo em vista que a comunicação serial vem sendo largamente utilizada tanto em soluções domésticas quanto industriais, uma opção viável e já existente é o uso de comunicação serial com padrão RS232, para aplicações mais simples com apenas um sensor, ou protocolo RS485, para aplicações mais complexas e com mais de um sensor, além de esta poder ser exposta a áreas com maiores ruídos

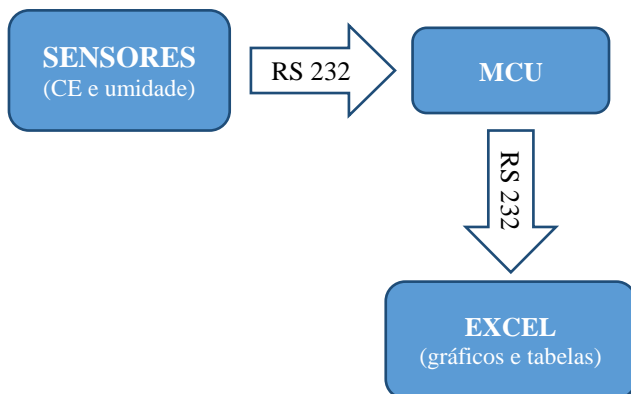
[14][15]. Porém, outros padrões de comunicação vêm também sendo aplicados por empresas fornecedoras de sensores. O padrão de comunicação SDI-12 é um dos padrões que também pode ser encontrado em oferta no mercado. Sua utilização é também possível.

V. DISPONIBILIZAÇÃO DOS DADOS

A apresentação dos dados pode ser feita de inúmeras maneiras, porém buscou-se maneiras flexíveis e acessíveis aos produtores rurais. Tal proposta trata-se de uma averiguação feita junto à Embrapa (Empresa brasileira de pesquisa agropecuária) – Instrumentação, unidade responsável por desenvolver soluções em sensores da agricultura, a qual salientou a necessidade atual de plataformas acessíveis ao produtor rural. Isso possibilita uma maior facilidade na leitura dos dados, além de uma maior praticidade e menor dependência por parte do produtor rural em relação à empresa da qual o sensor é proveniente.

Diante do exposto, buscou-se uma solução na qual o produtor rural possa utilizar uma programação no Excel para imprimir gráficos e gerar tabelas com as medições. Tal forma de apresentação de dados pode ser implementada utilizando-se, para isso, uma comunicação serial RS232 do sensor com um microcontrolador (MCU). Este último, por sua vez, retransmite esses dados a um microcomputador por meio de comunicação serial (Figura 1). Uma vez no microcomputador os dados são alocados na planilha de interfaceamento com o usuário.

Figura 1: Esquemático representativo do sistema.

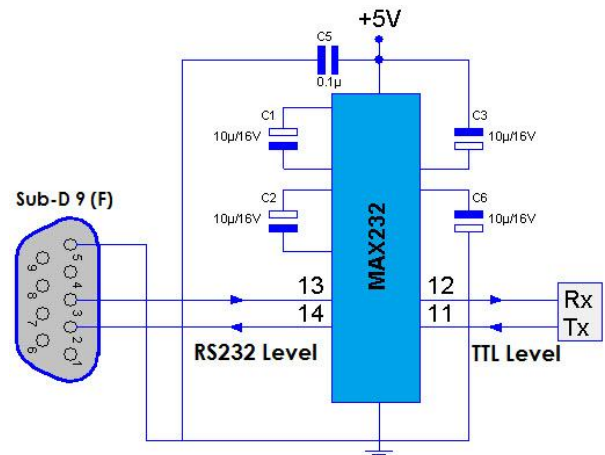


A implementação do microcontrolador é importante, pois ele adequa os dados provenientes do(s) sensor (es), bem como faz a intermediação entre o sensor e o microcomputador. Um dos microcontroladores em destaque no mercado da eletrônica é o PIC. Este microcontrolador, disponível em vários formatos e com diferentes funcionalidades, apresenta em suas versões opções de comunicação com outros dispositivos.

Neste projeto um circuito de condicionamento de sinal será utilizado para fazer a interface entre o sensor de CE e Umidade e o microcontrolador. Este circuito de condicionamento de sinal é importante, pois faz com que a informação vinda do sensor possa ser recebida pelo PIC [16].

Um dos componentes principais da montagem do circuito de condicionamento de sinal é o CI MAX232, responsável por converter o sinal serial RS232 em sinal de níveis de tensão da lógica TTL (utilizada pelo PIC). Um exemplo de condicionamento de sinal de RS232 para padrão TTL está exposto na Figura 2.

Figura 2: Representação de uma possibilidade de conversão serial - RS232 - em nível TTL. [17]



VI. RESULTADOS ESPERADOS

Com o sistema em mãos, espera-se que o agricultor possa utilizar um programa em Excel capaz de informar por meio de gráficos e tabelas os níveis atuais e anteriores de umidade e condutividade elétrica do solo e assim tomar decisões a melhorar o manejo da sua plantação.

Em concluído o projeto a expectativa é de se ter um sistema composto por um sensor de umidade e condutividade elétrica conectado, através de comunicação serial, a um circuito de condicionamento de sinal que, por sua vez, comunicará com um microcontrolador; o microcontrolador condicionará os dados e os transmitirá a um microcomputador, onde serão dispostos os dados para o agricultor.

O sistema geral formado será composto de três partes principais, que são: sensores, condicionamento da medição e disponibilização dos dados.

VII. CONCLUSÃO

A pesquisa encontra pela frente alguns passos de desenvolvimento de firmware para implementação do microcontrolador ao sistema pretendido, bem como a adequação, por meio de um circuito de condicionamento de sinal, do sinal proveniente do sensor. Será procedido ainda o desenvolvimento de uma lógica no programa Excel que permitirá ao agricultor visualizar os dados provenientes do sensor de forma amigável.

Espera-se que com tal sistema de medição de Condutividade Elétrica e umidade seja possível ao agricultor dispor de elementos suficientes para adotar critérios mais precisos quanto ao uso mais racional de água e insumos na fertirrigação evitando, com isso, as salinizações de solo

provenientes da alta taxa de íons agregados. Acredita-se que a adoção do sistema proposto poderá resultar na economia de insumos agrícolas, contribuindo assim para um menor custo de produção e preservação do ambiente.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a Deus pela oportunidade de poder realizar este trabalho e pela colaboração e ajuda de Carlos Castro, Silvia Tereza Ribeiro Castro, e professor Rodrigo Rimoldi de Lima. Bem como pelo apoio daqueles que cooperaram com informações de campo, como a Embrapa - Instrumentação.

REFERÊNCIAS

- [1] Organização para cooperação e desenvolvimento econômico - OCDE. “Manual de Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica.” Acessado em 5 de Agosto de 2018, em: http://www.finep.gov.br/imprensa/sala_imprensa/manual_de_oslo.pdf.
- [2] Bernardi, A. C. C.; Inamasu, R. Y., “Adoção de Agricultura de Precisão no Brasil.” Brasília, 2014, pp. 559 - 577.
- [3] Molin, J. P.; Amaral, L. R. do; Colaço, A. F., *Agricultura de precisão*, Oficina de Textos, 1ª Edição, São Paulo, 2015.
- [4] Queiroz, T. M. de; Botrel, T. A.; Frizzone, J. A., “Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central”, *Engenharia Agrícola Jaboticabal*, vol. 28, no. 1, pp. 44-54, Janeiro/Março 2008.
- [5] Melo, J. C. F. J.; Gervásio, E. S.; Armindo, R. A., “Sistema de automação para o manejo da Subirrigação em Ambiente protegido”, *Irriga*, vol. 18, no. 2, pp. 337-350, Abril/ Junho 2013.
- [6] Almeida, S. de S., “Sistema de Aquisição de Dados para leituras analógicas de tensão utilizando um microcontrolador PIC (Interface Controladora de Periféricos)”, *Dissertação (Mestrado em irrigação e drenagem)*, Mossoró, 2012.
- [7] Barbosa, F. S., “Aparato de baixo custo para determinação da condutividade elétrica aparente do solo com base em corrente contínua”, *Nativa*, vol.5, no.1, pp. 37-41, Janeiro/ Fevereiro 2017.
- [8] Boufleuer, R., “Uma arquitetura de sensoriamento remoto sensível ao contexto para irrigação”, *Dissertação (Mestrado em informática)*, 2015.
- [9] Lima, V. L. A., “Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem.” *Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola)*, 1998.
- [10] Santana, M. J.; Carvalho, J. A.; Souza, K. J. S; Souza, A. M. G.; Vasconcelos, C. L; Andrade, L. A. B., “Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) e em solos com diferentes níveis texturais.” *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 31, no. 5, pp. 1470-1476, Setembro/ Outubro 2007.
- [11] Teros 12-Manual Web, Meter Group Inc., 2018.
- [12] Frizzone, J. A. “Necessidade de água para irrigação.” Acessado em 08 de Agosto de 2018, em: http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Frizzone/LEB_1571/TEXTO_COMPLEMENTAR_2_-_NECESSIDADE_DE_AGUA_PARA_IRRIGACAO.pdf.
- [13] Testezlaf, R. “Manejo de irrigação parâmetros solo-planta-clima.” Acessado em 08 de Agosto de 2018, em: https://www.ggte.unicamp.br/ocw/sites/ocw/files/cursos/CienciasExatas/FA876/apostilas/Manejo_Parte_3_Parâmetros_solo.pdf.
- [14] Silveira, C. B. “Por que o RS485 é mais eficiente do que o RS232?” Acessado em 08 de Agosto de 2018, em: <https://www.citisystems.com.br/rs485/>.
- [15] Souza, V. A. “Protocolos RS232 e RS485.” Acessado em 08 de Agosto de 2018, em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAMYcAI/protocolos-rs232-rs485>.
- [16] National Instruments. “O que é condicionamento de sinal?”. Acessado em 12 de Outubro de 2018, em: <http://www.ni.com/white-paper/10630/pt/>.
- [17] Agarwal, T., “What is the MAX232 IC and Interfacing Needs” Acessado em 09 de Agosto de 2018, em <http://www.edgefxkits.com/blog/max232ic-and-interfacing-needs/>.