



Artigo

Sistema para avaliação da umidade solo e controle de irrigação em pequenas propriedades rurais

Bruno Rover Dal Prá ^{1*} e Voldi Costa Zambenedetti ²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Vilhena, RO

²Pontifícia Universidade Católica, Curitiba, PR. E-mail: voldi.zambenedetti@pucpr.br

*Autor correspondente: bruno.dalpra@ifro.edu.br

Recebido: 11/08/2015; Aceito: 15/07/2016

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo criar um sistema de avaliação da umidade do solo, controle da irrigação usando sensores de baixo custo e avaliação dos impactos da utilização desta tecnologia. A inovação consiste em utilizar um sensor tipo pilha eletroquímica para medir umidade do solo e controlá-la. A principal meta desse desenvolvimento é alcançar um sistema barato e possível de ser adquirido por pequenos produtores para reduzir o custo de produção e também melhorá-la. O sistema monitora continuamente a umidade do solo e comanda a irrigação de uma casa de vegetação durante o período de crescimento do fruto, irrigando quando necessário. A partir da escolha do sensor foi projetado o sistema eletrônico com as características indicadas para aquela tecnologia de sensoriamento, desenvolvido com uma interface simples a qualquer agricultor. Os resultados foram satisfatórios, tendo sido obtido um aumento de produção do tomateiro e uma redução nos ataques de doenças.

Palavras-chave: sensor de umidade; agricultura de precisão; controle; potenciométrico.

System for evaluation of soil moisture and irrigation control in small rural properties

Abstract: This work aims to create an evaluation system of soil moisture, irrigation control using low-cost sensors and assessment of the impacts of using this technology. The innovation is to use a sensor type electrochemical cell to measure soil moisture and control it. The main goal of this development is to achieve a cheap and possible system be purchased by small producers to reduce production cost and also improve it. The system continuously monitors soil moisture and controls the irrigation of greenhouse continuously during the growing period of the fruit, irrigating when needed. From the choice of sensor it was designed the electronic system with the characteristics indicated for that sensing technology, designed with a simple interface where a farmer will easily configure the equipment. The results were satisfactory, having been obtained from a tomato plant production increased and a reduction in disease attacks.

Keywords: humidity sensor; precision agriculture; control; potentiometric.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de a agricultura brasileira ser uma das mais avançadas do mundo o fenômeno da globalização da economia a obriga a buscar a utilização de tecnologias de ponta a fim de fazer frente aos grandes concorrentes no mercado internacional, como Estados Unidos, França, Canadá, Austrália e outros (COCARO, 2008). Um espaço no mercado mundial para nossos produtos agropecuários só pode ser obtido se dispusermos de tecnologias que possibilitem que os produtos sejam competitivos em preço e qualidade. A decisão de investir na pesquisa agropecuária nacional é, antes de qualquer coisa, estratégica, já que, dada as características distintas do nosso sistema produtivo, grande parte das tecnologias necessárias não estão disponíveis em qualquer outro lugar do mundo para que simplesmente sejam importadas e aplicadas.

A importância da agricultura familiar para garantir segurança alimentar e a produção de alimentos é destacada pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, a FAO. A entidade declarou 2014 como o Ano Internacional da Agricultura Familiar (PORTAL BRASIL, 2014).

Os equipamentos que estão hoje no mercado da agricultura de precisão, especificamente sensor de umidade e sistemas de controle a partir deste parâmetro, são muito caros e, portanto não atendem a maioria dos produtores rurais, diminuindo a competitividade com os grandes produtores que utilizam tal tecnologia, como exemplo existe o HFM2010 – Medidor Eletrônico de Umidade do Solo (FALKER, 2014).

Depois de verificado o mercado de pequenos produtores, no qual esta tecnologia dificilmente chega por motivos principalmente dos altos custos dos equipamentos e mão de obra com pouca capacitação, surgiu o interesse em se desenvolver um equipamento de controle de umidade de solo de boa precisão, de fácil manejo e, principalmente, que possua um preço acessível aos pequenos produtores que são, na maioria das vezes, excluídos do uso de tecnologias para melhoria da produção.

Estes pequenos produtores utilizam a irrigação de forma visual não levando em conta a densidade do solo, temperatura ambiente e umidade do ar, fatores estes que reduzem a umidade do solo. Adicionalmente, o valor desejável da umidade do solo varia em função do período do ano, dificultando a utilização de uma umidade ideal, tendo períodos mais chuvosos e mais secos. Com isso aparentemente uma superfície seca, pode ter as raízes úmidas, não precisando de irrigação. Para a cultura a ser testada foi escolhido o tomate devido a sua grande sensibilidade a umidade com isso tendo a necessidade de um maior controle. O tomate é uma cultura na qual a umidade influencia muito desde a fase do cultivo de mudas até a colheita. O tomateiro é conhecido e cultivado praticamente no mundo todo sendo consumido tanto in natura quanto industrializado. Entre os maiores países produtores estão: Estados Unidos, Rússia, China, Itália, Turquia, Egito, Espanha, México e Brasil, este estando na 8ª posição no ranking dos maiores produtores mundiais (BRITO & CASTRO, 2010).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma casa de vegetação no setor rural do município de Vilhena – RO. A classe de solo predominante no município são os LATOSSOLOS VERMELHO AMARELO-Distrófico, com textura argilosa (CARVALHO et al., 2011). Foi utilizada uma casa de vegetação com 15m de largura por 50m de comprimento e pé direito de 2,5m. As mudas foram plantadas em linhas de plantio com distância de 1m e espaçamento entre mudas de 45cm. Nesta casa de vegetação foram realizados todos os tratamentos contra pragas e adubação padrão utilizados na região para produção de tomate.

Foi selecionado uma linha de plantio desta casa de vegetação para irrigação com o equipamento e as outras linhas de plantio com irrigação por gravidade. Usou-se mangueiras novas para garantir que se teria um gotejamento igual em todo sistema, na linha de plantio onde está fixado o equipamento foi colocada a bomba de água o que garantiu uma pressão constante em todos os gotejadores, assim mantendo uma quantidade de água constante em todas as mudas (DAL PRÁ, 2009).

A maioria das doenças relacionadas ao tomateiro desta região é favorecida por clima com temperaturas altas e altos índices de umidade do solo, estes dois coeficientes juntos favorecem o aparecimento de fungos e bactérias (DA SILVA et al., 2015). Isto leva os produtores a utilizarem para contornar este problema a aplicação de altos níveis de defensivos agrícolas, aumentando os custos na produção e obtendo um produto com resíduos de veneno maior que na utilização de sistemas de controle da umidade do solo. De forma geral, o período de saturação de água é maior no interior da casa de vegetação quando comparado ao cultivo a céu aberto, com formação de orvalho ocorrendo quase que diariamente e por um período prolongado. O excesso de umidade aliado a temperatura alta favorece a ocorrência de grande parte das doenças do tomateiro.

2.1. Sensor de umidade Tensiômetro

Muitos sensores utilizados no mercado são do tipo Tensiômetros que medem a tensão ("pressão") com que a água é retida pelo solo, independentemente da formação do solo o que afeta diretamente a absorção de água pelas plantas (FAGUNDES et al., 2011).

O tensiômetro consiste basicamente em um tubo de plástico, uma cápsula porosa de cerâmica na base, e um elemento sensível indicador de tensão existente dentro do mesmo. Quando a cápsula entra em contato com a solo parte da água infiltra pela cápsula porosa, após a água do tensiômetro (que é hermeticamente selado) entrar em contato com uma variação de água do solo e o equilíbrio tende a estabelecer-se novamente. A água do solo, estando sob tensão, exerce uma sucção sobre o instrumento e dele retira certa quantidade de água causando a queda de sua pressão interna. Como o topo do instrumento é vedado, a coluna de mercúrio h do manômetro cresce, indicando a tensão interna da água. Estabelecido o equilíbrio, o potencial da água dentro do tensiômetro é igual ao potencial da água no solo e assim, h é uma medida direta de (potencial matricial) (FAGUNDES et al., 2011).

2.2. Sensor de Umidade Potenciométrico Utilizado na Pesquisa

O sensor de umidade utilizado foi o potenciométrico (Eletrolítico), no qual existem dois metais, um funcionando como ânodo e o outro como cátodo, ou seja, um cedendo elétrons e o outro recebendo.

2.3. Comparativo do Sensor Tensiômetro com Potenciométrico

Segundo Fagundes et al. (2011), o sensor tensiométrico foi calibrado segundo a pressão gerada e medida por um sensor de pressão que irá converter a pressão medida em sinal elétrico (milivolts), esse sinal elétrico gerado tem relação direta com a umidade do solo. Foram coletados os dados e obtido a curva de calibração através da equação descrita por Fagundes et al. (2011), com essa curva de calibração ficou claro que os dados medidos no sensor em milivolts são diretamente proporcionais à pressão (tensão) quando relacionados com os valores de altura de mercúrio.

No sensor potenciométrico diferentemente do sensor tensiométrico não utiliza a pressão que a água exerce no solo como parâmetro para calcular a umidade do solo, ele utiliza o princípio da pilha galvânica. A pilha galvânica ocorre quando dois metais ou ligas diferentes estão em contato com o mesmo eletrólito. Sabe-se que o metal mais ativo na tabela de potencial de eletrodo funciona como anodo da pilha, isto é, cede elétrons, sendo, portanto corroído. (GENTIL, 1996). Com esse processo o sistema gera certo nível de energia, gerando uma diferença de potencial que pode ser medida e calculado o grau de umidade do solo que é diretamente proporcional ao nível de água nele contido. Neste sensor a calibração é feita através do método gravimétrico direto onde leva em consideração o solo com peso seco e peso úmido para calcular o nível da umidade do solo. Esta umidade é medida em milivolts (DAL PRÁ, 2009).

2.4. Calibração do Sensor de Umidade Utilizado (Potenciométrico)

Para a obtenção de um referencial de umidade para o sistema foi utilizado o método gravimétrico direto, como objetivo de verificar se o sensor teria uma boa precisão e para validar as suas faixas de umidade, pois é necessário saber a relação da diferença de potencial com o percentual de umidade, tendo assim o valor da umidade para aquele valor de potencial elétrico. O método consiste em se pesarem amostras úmidas e secas; obtém o peso da amostra seca com pesagem em estufa a 105-110°C até peso constante (KLAR, 1991). Para obter o valor da umidade do solo e comparar com o valor medido pelo sensor foram utilizados dois recipientes para colocar a amostra do solo e para secagem, um forno de micro-ondas convencional e uma balança de precisão 0,1g. Foi utilizado também o sensor de umidade e um multímetro para medição da tensão fornecida pelo sensor.

A amostra de solo foi retirada da casa de vegetação onde os testes foram realizados a uma profundidade de 20cm que é a mesma na qual foram realizados os testes do sistema. Após este processo foi colocada a amostra no recipiente para que fosse introduzido o sensor para a leitura da umidade. Após este procedimento, foi retirada a amostra de solo deste recipiente e colocada no recipiente (cerâmico por se tratar de um forno de microondas) de secagem, o qual foi pesado juntamente com a amostra do solo. A amostra foi seca em forno microondas três vezes por um período de 5 minutos cada, totalizando um período de 15 minutos (DAL PRÁ, 2009).

Após isto, foi feito a pesagem do recipiente com a terra seca, foram verificados os dados necessários para se calcular o valor da umidade daquela amostra de solo (KLAR, 1991).

Foram utilizados como parâmetros para o cálculo da umidade do solo os valores de peso úmido igual a 63,2g e peso seco igual a 40,8g.

A determinação da umidade foi realizada de acordo do a Equação 1.

$$a\% = \frac{Pu - Ps}{Ps} * 100 \quad (1)$$

$$a\% = \frac{63,2 - 40,8}{40,8} * 100 = 54,9\%$$

Onde:

Pu – Peso Úmido

Ps – Peso Seco

a% - Umidade do Solo

O valor calculado da umidade da amostra de solo estava em torno de 54,9%. Com este valor foi possível calibrar o sensor, pois a diferença de potencial nos terminais do sensor colocado naquela amostra de solo obteve-se o valor da umidade medida pelo sensor.

2.5. Projeto do Sistema

O sistema proposto é um dispositivo de baixo custo, de fácil instalação e manuseio, o qual o agricultor poderá configurá-lo com facilidade, lendo o que está escrito em seu display de cristal líquido.

O projeto eletrônico consiste em três placas: uma placa com o microcontrolador que é a parte inteligente do sistema, uma placa de condicionamento do sinal gerado pelo sensor de umidade e uma terceira placa que é utilizada para realizar o acionamento da moto-bomba para a irrigação do cultivo. Foi utilizado também um contator da marca WEG e uma moto-bomba de 1 cv para enviar a água com uma pressão constante. Este motor e os dispositivos eletrônicos vão trabalhar todos juntos controlando o sistema de irrigação. Serão descritos os dispositivos projetados e onde irá ser utilizado no sistema.

Este dispositivo é composto basicamente por um display de cristal líquido (LCD) onde serão mostradas as informações de calibração, o valor calibrado e outras configurações, botões de entrada de informação onde serão selecionadas as opções mostradas pelo display de LCD e entradas e saídas

2.6. Projeto Eletrônico

As três placas que compõe o sistema serão detalhadas a seguir.

Placa microcontrolada: é a parte inteligente do sistema, este componente é responsável pelo controle do sistema, fazendo as leituras do sensor de umidade que disponibiliza um sinal elétrico e decide quando irrigar e para isso aciona a placa de potência ligando o moto-bomba e irrigando o cultivo.

Placa de amplificação: é o condicionador de sinais; amplifica o sinal gerado pelo sensor de umidade levando aquele sinal ao nível correto para o conversor A/D do processador.

Placa de interface de potência: é utilizada para realizar o acionamento da moto-bomba para a irrigação do cultivo. O sistema eletrônico opera a níveis e tipos de tensão diferentes do sistema de moto-bomba tendo a necessidade de uma interface para realizar esse acionamento (DAL PRÁ, 2009).

O sistema monitora 24 horas por dia e quando a umidade do solo estiver abaixo do valor configurado aciona a bomba, com isso mantendo um grau de umidade considerado ideal para aquele cultivo. Para que o sistema não seja acionado seguidamente em um curto espaço de tempo foi usado uma função de histerese, com um nível de corte para mais e para menos. Assim o sistema fica calibrado com um valor e a partir deste poderá variar em média 15% para mais e para menos, evitando uma queima da bomba pelos acionamentos constantes e seguidos, utilizando um nível de variação aceitável pelos especialistas neste cultivo.

O modo básico de funcionamento do sistema de controle inicia o sistema e fornece a opção de calibrar ou de usar a calibração que já foi feita. Se a opção de calibrar foi pressionada irá armazenar o valor que indica a umidade do solo naquele instante isso é feito caso o valor da umidade ideal para aquele cultivo não tenha sido gravada. Por exemplo, caso a umidade do cultivo for 65% o sensor de umidade é inserido no solo e irriga-se até o sensor marcar 65%. Uma tecla de confirmação é pressionada e o valor será armazenado. Caso

seja pressionado a tecla de não calibrar o valor usado para o sistema será o que já está na memória do dispositivo eletrônico de controle. Finalmente o sistema entra na etapa de controle da umidade.

Após passada a etapa da calibração o sistema entra em modo automático (*loop*), onde o mesmo fica verificando a umidade e controlando o sistema de irrigação conforme a umidade lida pelo sensor.

2.7. Testes do Equipamento em Casa de vegetação com Tomateiro

Primeiramente foram irrigados os canteiros sem o sistema desenvolvido. Esta quantidade de irrigação foi controlada pela experiência do agricultor, sendo que foi molhado o solo até uma profundidade de 20cm. Foi removida uma amostra do solo e posteriormente realizado o teste com o sistema gravimétrico direto onde se verificou que esta umidade estava em torno de 54,9%.

Depois de feita a calibração do sistema desenvolvido, o mesmo foi instalado na casa de vegetação em uma linha de plantio central a 20m do início da casa de vegetação. Foi escolhido este ponto, pois era a parte da casa de vegetação onde ficaria mais próximo para instalar a parte elétrica para alimentação do sistema e ao mesmo tempo em uma área protegida de possíveis entradas de chuva assim mantendo apenas a irrigação por gotejamento. Foi realizada também a calibração do sistema utilizando a técnica descrita anteriormente utilizando para secagem do solo um forno convencional, onde foi calculada uma umidade de 60% que é a umidade ideal para o cultivo desta cultura.

Após esta etapa de calibração começaram os testes do sistema, monitorando o solo 24 horas por dia com isso mantendo a umidade ideal intermitentemente.

O sistema monitorou o solo a partir da umidade calibrada, no caso 54,9%, realizando um controle com uma variação de $\pm 15\%$. Esta variação mantinha o solo com uma umidade variando de 46,66% a 63,13% a medida de 47% como nível mínimo para que seja realizado o acionamento do sistema de irrigação. Este nível de tolerância é necessário para não ter problemas de danificar o sistema de bombeamento com acionamentos constantes e também pela penetração da água no solo. Este valor está um pouco abaixo do ideal, o qual seria entre 50% a 70%. O controle da irrigação por meio do sistema de controle de umidade foi realizado durante um período de 85 dias, no qual foi analisado todo o ciclo de evolução da cultura, desde a transferência da muda até a colheita o fruto. Foi verificado o comportamento da produção do tomateiro utilizando controle da umidade do solo desenvolvido e a produção sem o controle. Os testes sem o controle foram realizados na mesma casa de vegetação, onde foi utilizada uma linha de plantio de tomates com o controle total do sistema que analisou o teor de água no solo e controlou este parâmetro através do sistema de automação que ativa o sistema de irrigação quando necessário. O restante da casa de vegetação foi irrigado sem a avaliação do teor ideal, com isso podendo estar com níveis de umidade fora dos padrões ideais para a cultura.

Foi feito o acompanhamento semanal da evolução das plantas quando foi verificada uma melhora no desenvolvimento das mudas e no processo de evolução das plantas, desde o aparecimento das flores até a colheita dos frutos, em relação às doenças, pragas e adubação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema desenvolvido comportou-se de uma maneira muito eficiente na avaliação e controle da umidade do solo, o sensor desenvolvido é de baixo custo e o hardware pode ser produzido com pouca tecnologia embarcada tendo assim um produto acessível ao pequeno produtor.

O material utilizado para elaboração do protótipo foi um contador WEG modelo CW07.10 220V 60Hz e uma motobomba de 1,0 CV monofásica modelo centrífuga - SCM-50, com custos de R\$40,00 e R\$247,00, respectivamente. O sensor de umidade teve um custo de R\$79,00 reais. O valor para a implementação do projeto, no qual se incluiu o sistema de motobomba ficou em R\$ 573,87 reais. Já o valor apenas do sistema de controle da umidade do solo, o qual incluiu todas as placas do sistema ficou em R\$ 189,37 reais.

Os custos levantados são de uma produção artesanal do equipamento, para produção industrial os custos podem cair. Também não foram computados encargos e custos de comercialização, que tem a tendência de elevar o valor final. Somente uma indústria do ramo poderá realizar um estudo do valor que o produto final poderá chegar.

Em comparação com produtos encontrados no mercado Brasileiro, como por exemplo o HFM2010 da Falker (FALKER, 2014) que girar em torno de R\$ 1600,00 reais, sendo um produto que apenas faz a leitura da umidade do solo não realizando nenhum tipo de controle na mesma o produto tem um valor relativamente baixo.

3.. Incidência de Doenças Fúngicas e Bacterianas

Verificou-se que onde não foi feito o controle da umidade do solo a aplicação de defensivos foi menos eficiente e ocorreu maior incidência de doença. Após 30 dias do plantio foi possível verificar sensivelmente a diferença de se ter um controle eficiente da umidade do solo. Verifica-se que com o controle da umidade o aparecimento de doenças foi muito menor como mostram as Figuras 1 e 2, do que aquele onde este controle não foi feito. Estes tipos de doenças são difíceis de serem controladas após instalada a sua presença em uma casa de vegetação como a citada anteriormente, mas pode-se verificar que quando se tem um controle eficaz é possível prevenir, ou diminuir, o aparecimento destas doenças.

Com isso verifica-se que com um controle de umidade pode-se diminuir o uso de defensivos agrícolas, diminuindo assim custos na produção.

Estas doenças têm um desenvolvimento acelerado relacionado ao aumento de temperatura e umidade, se conseguimos controlar a umidade para que ela não fique acima ou abaixo do permitido para aquele cultivo vamos diminuir drasticamente o aparecimento delas, aumentar a produção e diminuir custos lavoura. Para o tomateiro, planta muito sensível a umidade, este controle é de fundamental importância para ter um produto de melhor qualidade e mais competitivo.



Figura 1. Controle de irrigação indicando menor incidência de fungos e bactérias.
Fonte: DAL PRÁ, 2009.

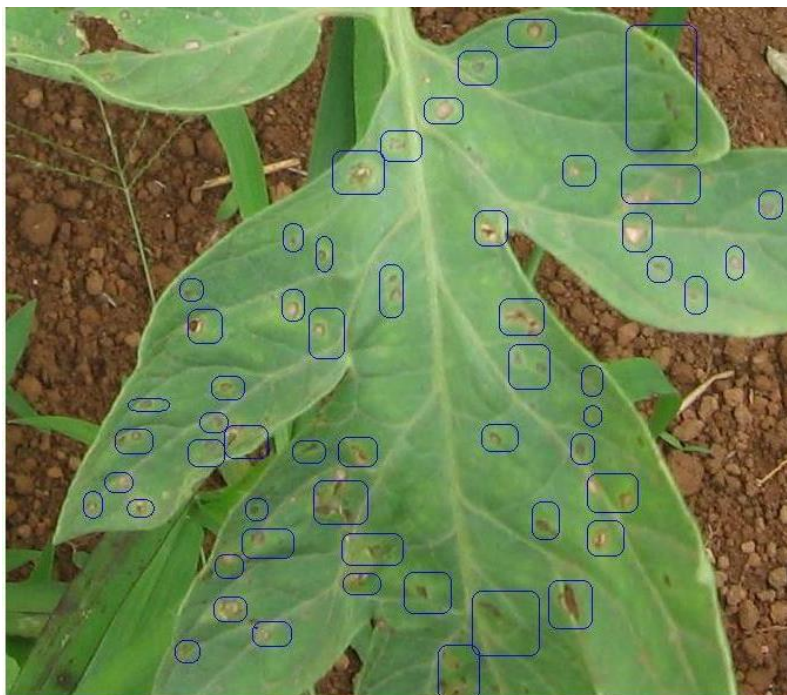


Figura 2. Sem controle de irrigação indicando maior incidência de fungos e bactéria.
Fonte: DAL PRÁ, 2009.

Após 60 dias verificou-se um pequeno aumento no tamanho das plantas devido a uma diminuição do ataque das doenças e também um aumento na produção dos cachos dos frutos.

Em busca de dados atuais de produção de tomate em ambiente protegido na cidade de Vilhena, foi verificado que não existiam dados recentes sobre a produtividade deste cultivo. Foi procurada a secretaria de agricultura do município e associações de produtores rurais.

Por este motivo foi levantado informações junto a Associação dos Chacareiros do Setor Pioneiro em Vilhena, Rondônia, que relataram que a produtividade média por planta é de 5 kg, então a capacidade produtiva da casa de vegetação utilizada neste estudo foi estimada em 5000 kg de tomate.

Os valores de produção em média das linhas de plantio onde não tinha o controle a produtividade se manteve em média em 5kg por planta. Na linha de plantio onde teve o controle obteve-se uma melhora na produção de 10%, alcançando uma média de 5,5 kg por planta de tomate.

Como a aplicação de defensivos foi feita igualmente em toda a casa de vegetação não se obteve um parâmetro de comparação de redução deste custo, mas é certo que com a diminuição de doenças ter-se-á uma diminuição do uso destes produtos que oneram muito o produto final. Os defensivos têm um valor no produto em torno de 6 a 10% do custo da produção.

4. CONCLUSÕES

Foi criado um sistema de avaliação de umidade do solo que através de um sensor potenciométrico realizou o controle da irrigação na casa da vegetação;

A utilização do sistema reduz a incidência de fungos e bactérias e pode diminuir a utilização de defensivos, aumenta a produtividade do tomateiro e diminuir o custo de produção;

Este aumento na produtividade das plantas atingiu um valor de 10% de ganho na quantidade de tomates produzidos por tomateiro, com isso viabilizando a utilização do sistema de controle da umidade do solo, sem contar outros fatores, como economia de defensivos, que podem aumentar ainda mais essa margem de lucro na produção;

O sistema torna-se viável devido ao baixo custo dos equipamentos envolvidos no projeto comparando com o retorno de investimento estimado e o aumento de produção descrito teríamos todo o custo do sistema diluído em média com 2 lavouras;

O sistema todo pode ser facilmente produzido e disponibilizado em canais de venda via meio eletrônico e com parcerias de universidade e órgãos de apoio ao produtor rural. O equipamento está em fase de evolução, novos testes estão sendo realizados e novas funcionalidades estão sendo adicionadas ao sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRITO, L.; CASTRO, S. D. **Expansão da produção de tomate industrial no Brasil e em Goiás**. Conjuntura Econômica Goiana Nº. 16. 2010. Disponível em: <www.seplan.go.gov.br/sepin/pub/conj/conj16/artigo05.pdf>. Acesso em: 26 de junho de 2014.
- CARVALHO, J. O. M. *et al.* **Avaliação de Clones de Mandioca No Município de Vilhena-RO**. Embrapa Rondônia, C.Postal 127, Porto Velho/RO, 76815-800; Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas/BA, 2011.
- CARVALHO, R.C.P et al. Doenças Tomate. Cartilha de Doenças do Tomate disponível em <<http://www.sbfito.com.br/divulgacao/DoencasdoTomate.pdf>>,2014.
- DA SILVA, J.C. *et al.* **Cultivo de Tomate para Industrialização**. Revista Eletrônica Embrapa Hortaliças disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/doencas.htm>, Acesso em 27 de abril de 2015.
- DAL PRÁ, B. R. **Desenvolvimento de Sistema para Controle de Umidade de Solo em Pequenas Propriedades Rurais**. Curitiba, 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC).
- FAGUNDES, M. C.; MORAES, M. O.; SCHAFFER, D.; DE QUEIROZ, T. M. Calibração de Sensores para Determinação do Teor de água do Solo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.9, n.1, p.53-58, 2011.
- FALKER. **Catálogo do Sensor HFM2030** - Medidor Eletrônico de Umidade do Solo. Disponível em: <http://www.falker.com.br/loja_HFM.php>. Acesso em 18 de dezembro de 2014.
- GENTIL, V. **Corrosão**. LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A. 3 ed. 1996.
- KLAR, A. E. **Irrigação: Frequência e Quantidade de Aplicação**. Livraria Nobel S.A., 1991.
- PORTAL BRASIL. **ONU declara 2014 como 'Ano Internacional da Agricultura Familiar'**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/01/onu-declara-2014-como-ano-internacional-da-agricultura-familiar>>. Acesso em 26 de junho de 2014.
- TRACON. **Catálogo do Sensor de Umidade do Solo, com cabo de 1,5M, para medidor Watermark**. Disponível em:<<http://www.tracom.com.br/novo/?pag=produto-visualiza&cid=NjI1>>. Acesso em 25 de junho de 2014.



Universidade do Estado de Mato Grosso
Campus I - Rod. MT 208, KM 147 - Jardim Tropical - Fone: +55(66) 3521-2041
Revista de Ciências Agroambientais (ISSN 1677-6062)