

**Controlador eletrônico para casas de vegetação: sistema baseado em plataforma eletrônica de baixo custo/****Electronic controller for vegetation houses: low cost electronic platform system**

DOI:10.34117/bjdv5n10-064

Recebimento dos originais: 10/09/2019

Aceitação para publicação: 04/10/2019

**Aldir Carpes Marques Filho**

Mestre em Mecatrônica – Instituto Federal de Santa Catarina

Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP –  
FCA/Botucatu

Endereço: Rua Dr. José Barbosa de Barros, 18609-085 – Jd Paraíso, Botucatu, SP, Brasil

E-mail: aldir.marques@gmail.com

**Jean Paulo Rodrigues**

Doutor em Eng. Elétrica – Universidade Federal de Santa Catarina

Instituição: Instituto Federal de Santa Catarina

Endereço: Av. Mauro Ramos 950, 88020-300, Florianópolis, SC, Brasil

E-mail: jeanpaulo@ifsc.edu.br

**Gabriel Buligon Dal Ponte**

Graduando em Engenharia Mecatrônica – Instituto Federal de Santa Catarina

Instituição: Instituto Federal de Santa Catarina

Endereço: Av. Mauro Ramos 950, 88020-300, Florianópolis, SC, Brasil

E-mail: gabriel.dalponete@hotmail.com

**Sérgio Ricardo Rodrigues de Medeiros**Doutor em Ciências em Irrigação e Drenagem – Escola Superior de Agricultura Luiz de  
Queiroz

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina

Endereço: Rodovia Admar Gonzaga, 1346, 88040-900, Itacorubi, Florianópolis, SC, Brasil

E-mail: medeirossoft@gmail.com

**Simone Daniela Sartório de Medeiros**

Doutora em Estatística e experimentação – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Instituição: Universidade Federal de São Carlos

Endereço: Via Anhanguera, km 174, Zona Rural, 13600970 - Araras, SP Brasil

E-mail: sisartorio@gmail.com

**Guinther Hugo Grudtner**

Engenheiro Agrônomo– Universidade Federal de Santa Catarina

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina

Endereço: Rodovia Admar Gonzaga, 1346, 88040-900, Itacorubi, Florianópolis, SC, Brasil

E-mail: guinther\_grudtner@hotmail.com

**RESUMO**

A racionalização no aproveitamento de recursos energéticos é fundamental em todos os setores da agricultura. O conhecimento relacionado ao controle micro ambiental em casas de vegetação requer mão de obra qualificada, o que é um entrave em muitas regiões do Brasil. Objetivou-se com o presente trabalho, desenvolver um sistema eletrônico para controle microclimático interno em casas de vegetação, com o diferencial de possuir em sua programação, algoritmos relacionados à fisiologia dos vegetais, bem como verificar se o sistema de controle afeta a produtividade da cultura da alface "*lactuca sativa*". O sistema de controle foi desenvolvido tendo como base a plataforma de prototipagem Arduino™ Mega 2560 e transdutores compatíveis. O software de funcionamento foi desenvolvido em linguagem C/C++, contendo informações relativas ao estágio fenológico da cultura vegetal, e proporcionando através de atuadores condições ideais de temperatura, umidade relativa do ar, umidade do solo e radiação global. Foi realizada uma análise experimental à campo ao longo de um ciclo produtivo para duas variedades de alface. Os resultados experimentais apontaram que equipamento projetado funcionou de acordo com o algoritmo de programação implementado, controlou corretamente os atuadores e incrementou em 26.7% a produtividade da alface tipo Americana e 29% a produtividade da alface tipo crespa.

**Palavras-chave:** arduino, alface, fisiologia vegetal, microcontroladores**ABSTRACT**

Rationalizing the use of energy resources is fundamental in all sectors of agriculture. Knowledge related to microenvironmental control in greenhouses requires skilled labor, which is a barrier in many regions of Brazil. The objective of this work was to develop an electronic system for internal microclimate control in greenhouse, with the differential of having in its programming algorithms related to plant physiology, as well as to verify if the control system affects crop productivity. lettuce "*lactuca sativa*". The control system was developed based on the Arduino™ Mega 2560 prototyping platform and compatible transducers. The operating software was developed in C / C ++ language, containing information related to the phenological stage of the crop, and providing ideal conditions of temperature, relative humidity, soil moisture and global radiation through actuators. An experimental field analysis was carried out over a production cycle for two lettuce varieties. The experimental results showed that the designed equipment worked according to the implemented programming algorithm, correctly controlled the actuators and increased by 26.7% the productivity of the lettuce type and 29% the productivity of the crisp lettuce.

**Keywords:** arduino, lettuce, plant physiology, microcontrollers

## 1 INTRODUÇÃO

A principal vantagem de se produzir em casas de vegetação é a possibilidade de cultivar plantas em climas adversos e oferecer as condições ambientais ideais para as culturas (Vatari et al., 2016).

Ishikava & Figueiredo (2011), afirmam que a falta de mão de obra qualificada é um complicador na produção em casas de vegetação, sendo fator limitante para a expansão da atividade. Assim, as plataformas de prototipagem representam uma alternativa de baixo custo para a automação desses processos na agricultura.

Bajer e Krejkar (2015), utilizaram a plataforma Arduino™ para a criação de um sistema de controle em casas de vegetação, aplicando os dados em cartão SD com sistema interligado à internet. Os autores optaram pelo controlador devido ao seu baixo custo e praticidade de programação.

Mekki et al. (2015), desenvolveram um sistema eletrônico com base em plataforma Arduino™ e sensores sem fio para monitoramento em casas de vegetação. Os autores comprovaram a possibilidade de comunicação de dados sem fio entre sensores e sistema de controle o que se torna muito interessante no ambiente agrícola pela eliminação do cabeamento e redução dos riscos de acidentes e avarias no sistema.

Ainda no sentido de facilitar e melhorar o processo, Vatari et al. (2016), avaliaram o funcionamento de dois sistemas de controle para casas de vegetação e apresentaram inovações na obtenção de dados de sensores e lançamentos dos valores em nuvem, baseados no conceito de Internet das coisas (IoT), comprovando que a tecnologia eletrônica e de informática está impulsionando positivamente a agricultura de precisão em casas de vegetação.

Objetivou-se com este trabalho desenvolver um sistema de baixo custo para controle dos principais fatores ambientais internos em casas de vegetação, relacionando os algoritmos de programação à fisiologia da cultura vegetal e especificamente verificar se o sistema de controle incrementa a produtividade de duas variedades de alface (*Lactuca sativa* L.).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O sistema eletrônico de controle ambiental foi desenvolvido seguindo-se a metodologia proposta por Rozefeld et al. (2015). A pesquisa culminou na montagem de um protótipo

composto por uma plataforma de controle modelo Arduino™ MEGA 2560, fixada em um gabinete metálico com oito botões de acesso tipo push-down e display LCD (20x4) - vinte caracteres e quatro linhas (Figura 1a). O controlador foi equipado com sistema RTC (Real Time Clock), uma placa de suporte para cartão SD (Gravação dos dados) e uma placa de relés com oito relés de saída 250V/10A. As entradas do sistema foram compostas por transdutores eletrônicos (Figura 1b) compatíveis com o controlador, sendo: três termo higrômetros do tipo DHT-22, três sensores de umidade de solo modelo FC-28 e três sensores de radiação global modelo LDR (Light Dependent Resistor) com resistor divisor de tensão de 10kOhms, dispostos em três suportes em PVC 40 mm (Figura 1c). Cada suporte de sensores foi instalado em um local distinto da casa de vegetação

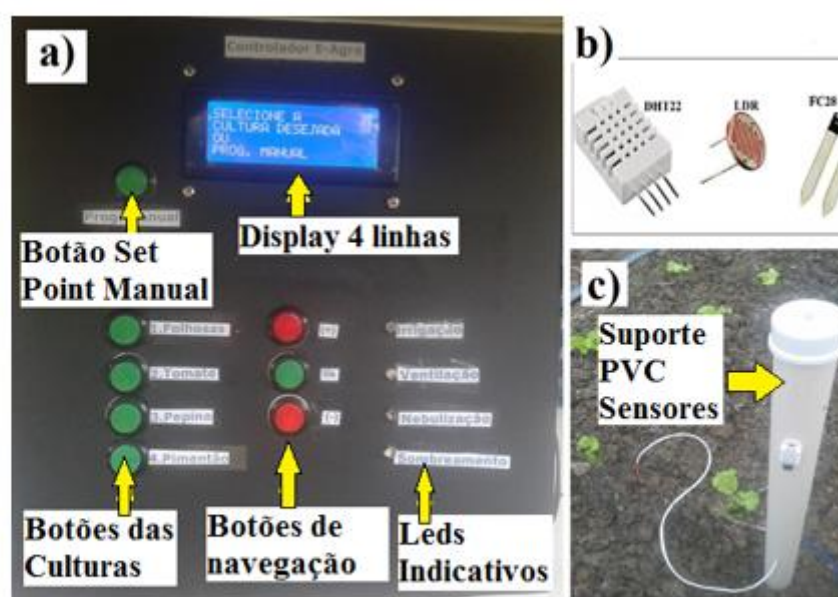


Figura 1: a) Gabinete do controlador com botões de acesso; b) Transdutores u projeto; c) Torre em PVC para coleta de dados ao nível da cultura

A programação do controlador foi realizada em linguagem C/C++, e implementada através do software de desenvolvimento específico “IDE Arduino - versão 1.8.1”. No algoritmo de programação foram incorporadas informações relacionadas às condições ambientais ideais para a cultura da alface, recomendadas por Cermeño (1990). O organograma de funcionamento do controlador está descrito na figura 2.

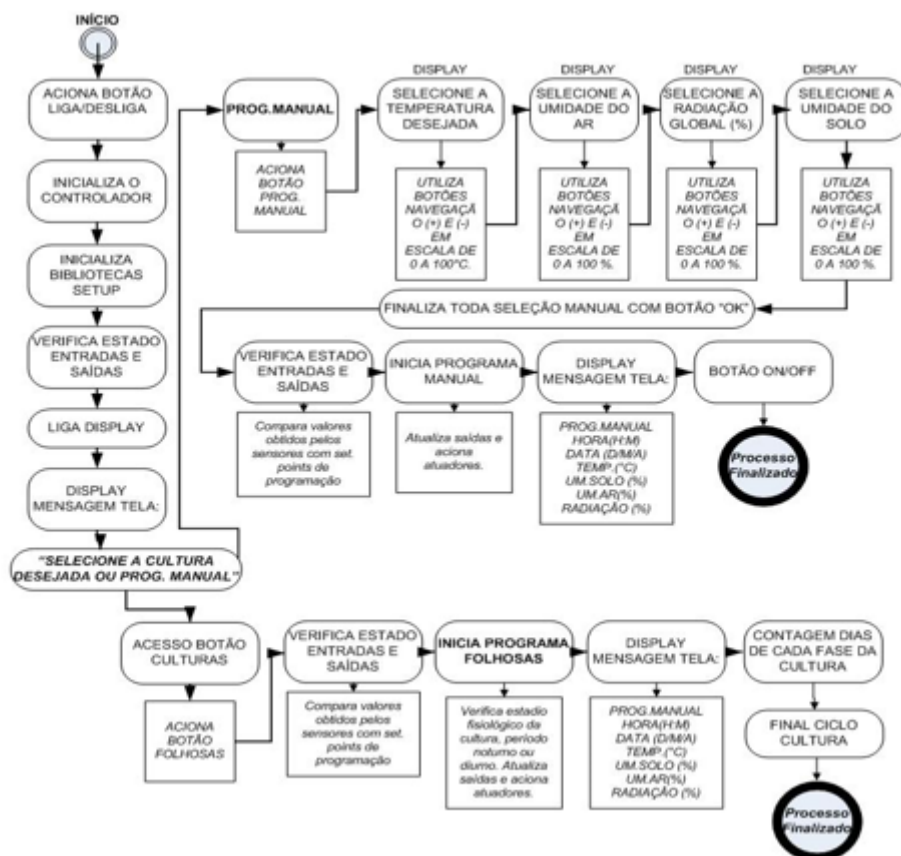


Figura 1. Diagrama de funcionamento do sistema de controle eletrônico

A avaliação de funcionamento do controlador eletrônico, quanto ao correto acionamento de atuadores e desempenho de campo, foi realizada através de experimento em ambiente controlado no município de Biguaçu – SC, nos meses de novembro e dezembro de 2017, sob as coordenadas de latitude 27° 46' 42" S, longitude 48° 72' 42" e altitude de 2 m. O clima local foi classificado como Cfa, segundo Köppen. O solo foi classificado como Argissolo vermelho amarelo de textura franco argilosa segundo Santos et al. (2013). Foi realizada análise de solo e correção de acordo com o recomendado para a cultura da alface por Yuri et al. (2016).

O experimento foi realizado em dois ambientes protegidos A1 e A2, modelo túnel alto, tipo arco, com pé direito de 2,75 m, possuindo área total de 50 m<sup>2</sup> cada (5 x 10 m). No abrigo A1 (com sistema de controle eletrônico) foram instaladas três torres de transdutores em PVC 40mm, com 0,8 m de altura. Cada torre contendo um termo higrômetro modelo DHT22; um sensor de umidade de solo modelo FC 28, além de um sensor de luminosidade LDR. A estimativa da radiação global pelo sensor de luminosidade LDR em termos percentuais foi uma estratégia de baixo investimento, embora resultados obtidos por Abdel-Ghany (2011)

demonstraram a importância na conversão de radiação em calor latente e sensível, e sua relação com as taxas respiratórias das plantas. Porém sensores de radiação ainda possuem alto valor de investimento, e representam importância secundária para o cultivo em pequena e média escala, portanto optou-se por uma solução de menor custo.

Na casa de vegetação A1, foram instalados atuadores de ventilação (VT), irrigação (IRR), nebulização (NB) e sombreamento (SB). No ambiente A2, foi instalado sistema de irrigação com operação através de registro de gaveta manual (RM), com três operações diárias, sendo uma no início da manhã e outras duas no início e fim da tarde, sendo este o procedimento padrão adotado pelo modelo de produção não automatizado.

Para o atuador de ventilação foi utilizado um sistema TurBo-Vent DWT-220R, com 80W de potência, 0,6 m de diâmetro de hélice e vazão média de ar de  $0,98 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Para o acionamento dos sistemas de irrigação e nebulização foram utilizadas eletroválvulas de

12,5 mm de diâmetro nominal, com vazão máxima de  $20 \text{ L min}^{-1}$  e 5 W de potência. O modelo de irrigação utilizado nos ambientes A1 e A2 foi o de aspersão direta, composta por dois ramais centrais em mangueira micro perfurada com 10 metros de comprimento cada (Figura 3a). O controle de plantas daninhas foi realizado empregando-se métodos tradicionais de capina e retirada manual aos 10, 15 e 20 dias após o transplantio (DAT).

Na parte externa frontal aos ambientes protegidos, foi instalado um abrigo meteorológico (AM), visando proteger o sistema de controle e aquisição de dados, bem como as conexões elétricas do sistema. O abrigo meteorológico foi construído com madeira de *Pinus sp.* e pintado com tinta acrílica branca, nas dimensões de 1,10 m de largura frontal, 0,80 m de altura e 0,30 m de profundidade. A cobertura do abrigo foi feita com telhas de fibrocimento de 4 mm com inclinação de 50% (Figura 3b).

O AM comportou em seu interior o gabinete eletrônico composto por plataforma Arduino™ MEGA 2560, interligado através de cabos manga blindados com as 3 torres de aquisição de dados. O controlador realizou o processamento das informações e o acionamento direto dos atuadores através de placa específica com oito relés conectada ao gabinete principal.

No experimento a campo foram avaliadas as características biométricas de duas variedades de alface, variedade V1 do tipo Americana (cv. Lucy Brow) e V2 do tipo Crespa (cv. Vanda), nos ambientes com e sem automação respectivamente (Figura 3c). Para a avaliação da produtividade da cultura da alface, bem como o desenvolvimento em cada



ambiente foram aferidos dados biométricos de: diâmetro total da planta (DP), altura total da planta (AP), diâmetro do colmo cortado à 1 cm do solo (DC) e massa fresca total (MFT).

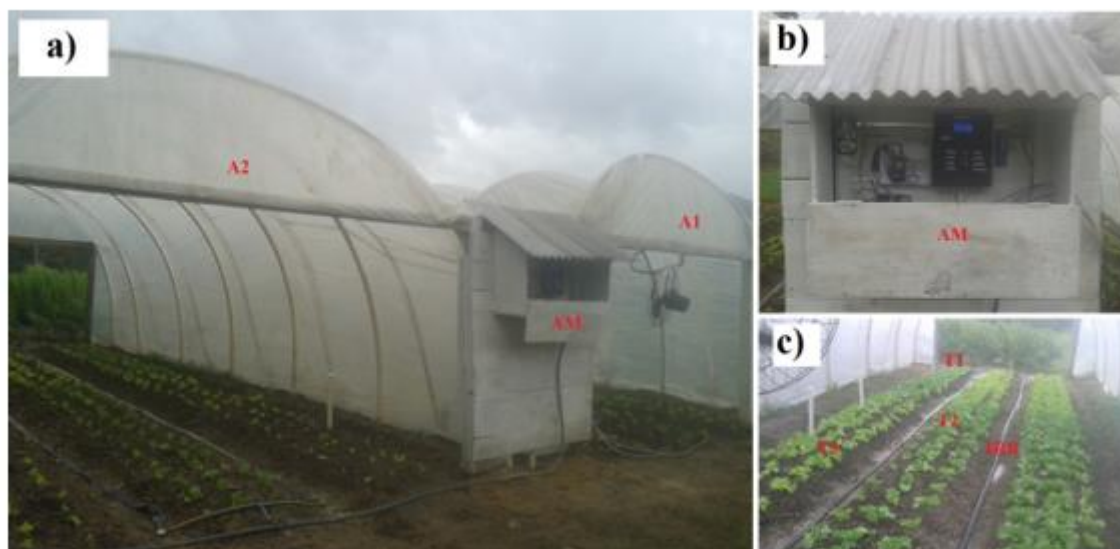


Figura 2. 3a - Casas de vegetação A1 e A2; 3b - abrigo meteorológico para sistemas eletrônicos; 3c - interior de A1 já com o experimento instalado

As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno expandido com 128 células, utilizando-se substrato comercial e mantendo apenas uma plântula por célula. As bandejas foram mantidas em viveiro de mudas por 19 dias.

No interior dos ambientes A1 e A2 foram construídos 03 canteiros idênticos com 1 x 10 m e 0,2m de altura. O transplântio das mudas foi realizado após 20 dias de semeadura, quando apresentavam de quatro a cinco folhas definitivas.

O funcionamento do sistema foi monitorado através de dados armazenados em cartão do tipo micro SD (Secure Digital) anexo ao controlador, obtendo em tempo real informações de acionamento dos atuadores e sensores, bem como data e hora de cada evento, formando assim um banco de dados para auxiliar em tomadas de decisão futuras.

A colheita foi realizada após 21 DAT, foram retiradas oito plantas da faixa central dos canteiros, por parcela experimental em cada avaliação, desprezando-se as plantas das extremidades devido efeitos de bordadura.

As variáveis biométricas DP e AP foram mensuradas ainda em campo com auxílio de uma régua metálica graduada. Posteriormente as plantas foram colhidas a 1 cm do solo com o auxílio de uma tesoura de corte. O DC foi mensurado com auxílio de um paquímetro e a MFT com uma balança digital de precisão de  $\pm 0,05$  g.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial de 2 x 2, com 6 repetições sendo o primeiro fator foi constituído de dois ambientes de cultivo A1 e A2 e o segundo fator pelas cultivares V1 e V2. As variáveis resposta foram submetidas à análise de variância e quando necessário aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (2018).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A dinâmica de funcionamento do sistema de controle para temperatura, bem como o acionamento do sistema de ventilação e nebulização pode ser verificado nas Figuras 4-8, onde está representado o funcionamento do sistema ao longo dos dias de experimento, através de blocos diários de 24 horas. O controlador apresentou resposta satisfatória em todo o período experimental, realizando o monitoramento e atuação ambiental de acordo com a programação proposta.

Para os primeiros dias de funcionamento do sistema é possível observar em apenas um dia a umidade relativa ficou dentro da faixa considerada ideal para a cultura. Verifica-se o acionamento dos atuadores, porém estes ao serem acionados não controlam efetivamente o processo. A função do sistema de controle foi cumprida com êxito, porém os atuadores aplicados não foram eficientes em modificar o meio no que concerne a umidade relativa e temperatura.



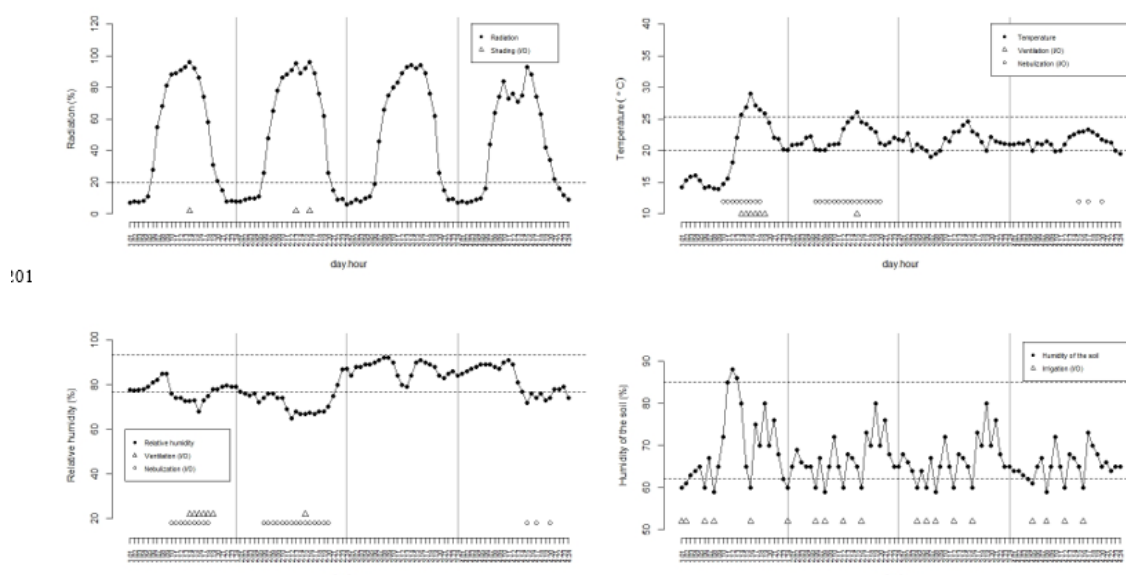


Figure 4. Operation of the control system according to the environmental variables and actuation of the actuators ( $20 \leq \text{temperature} \leq 25^\circ\text{C}$ ;  $76.5 \leq \text{relative humidity} \leq 93.5\%$ ,  $62 \leq \text{humidity of the soil} \leq 85\%$ ; and radiation  $\geq 20\%$ ) over the 1<sup>st</sup> to the 4<sup>th</sup> day, hourly

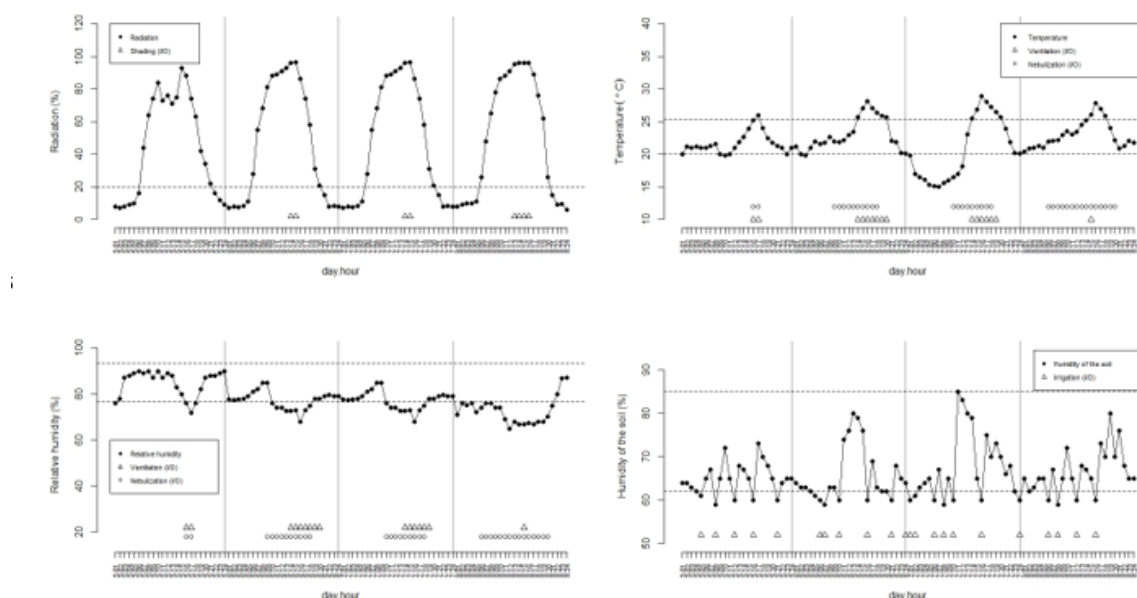


Figure 5. Operation of the control system according to the environmental variables and actuation of the actuators ( $20 \leq \text{temperature} \leq 25^\circ\text{C}$ ;  $76.5 \leq \text{relative humidity} \leq 93.5\%$ ,  $62 \leq \text{humidity of the soil} \leq 85\%$ ; and radiation  $\geq 20\%$ ) over the 5<sup>th</sup> to the 8<sup>th</sup> day, hourly.

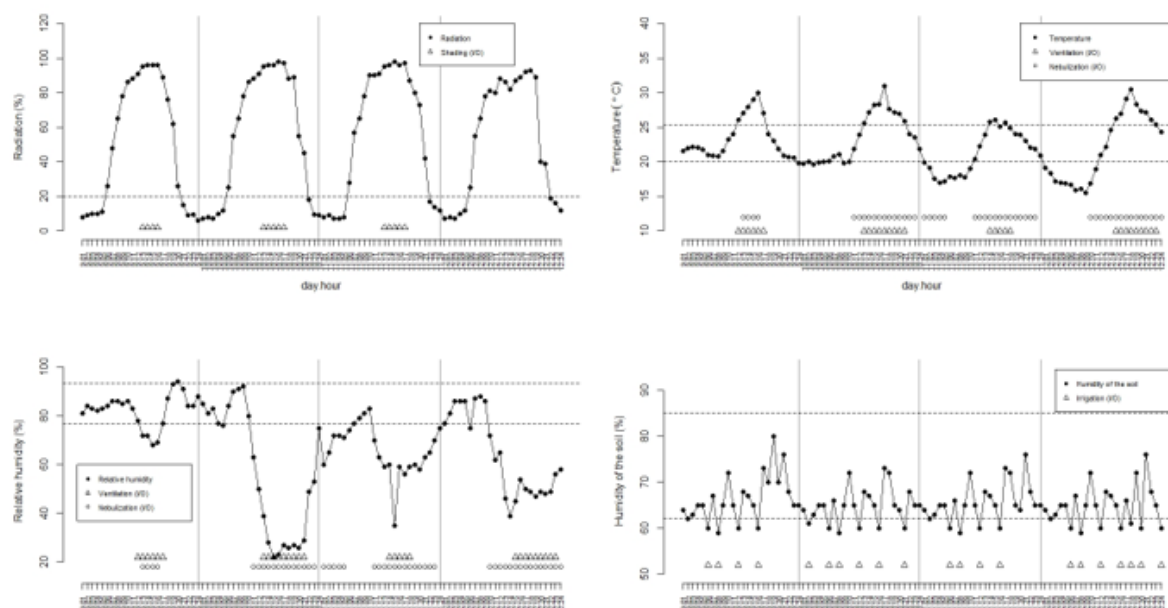


Figure 6. Operation of the control system according to the environmental variables and actuation of the actuators ( $20 \leq \text{temperature} \leq 25^\circ\text{C}$ ;  $76.5 \leq \text{relative humidity} \leq 93.5\%$ ,  $62 \leq \text{humidity of the soil} \leq 85\%$ ; and radiation  $\geq 20\%$ ) over the 9<sup>th</sup> to the 12<sup>th</sup> day, hourly.

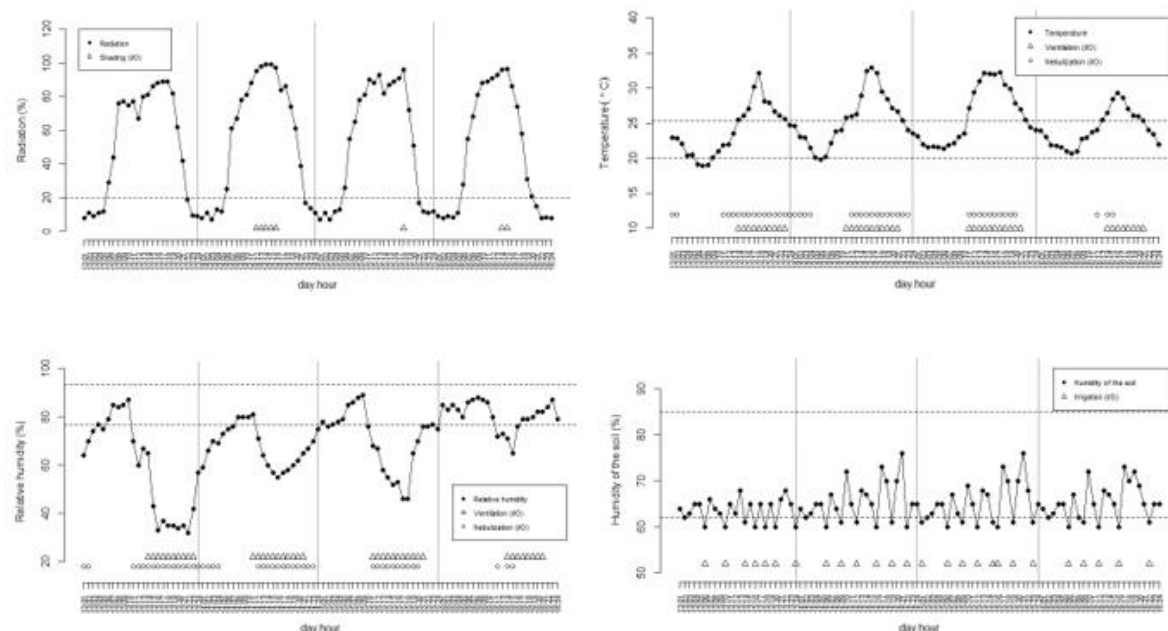


Figure 7. Operation of the control system according to the environmental variables and actuation of the actuators ( $20 \leq \text{temperature} \leq 25^\circ\text{C}$ ;  $76.5 \leq \text{relative humidity} \leq 93.5\%$ ,  $62 \leq \text{humidity of the soil} \leq 85\%$ ; and radiation  $\geq 20\%$ ) over the 13<sup>th</sup> to the 16<sup>th</sup> day, hourly.

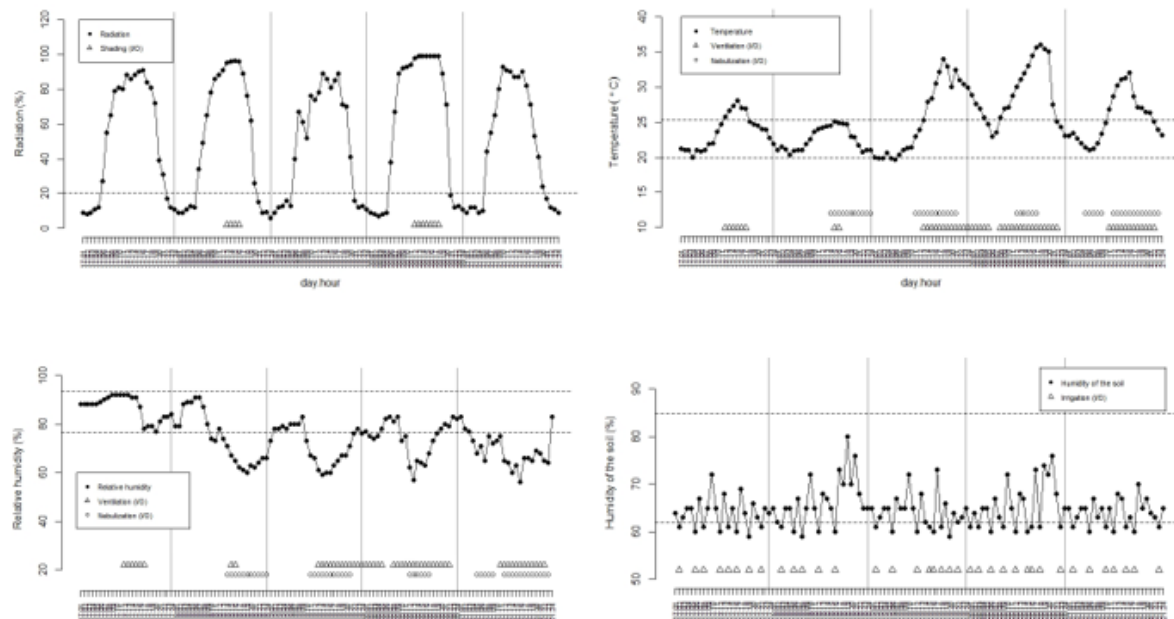


Figure 8. Operation of the control system according to the environmental variables and actuation of the actuators ( $20 \leq \text{temperature} \leq 25^\circ\text{C}$ ;  $76.5 \leq \text{relative humidity} \leq 93.5\%$ ,  $62 \leq \text{humidity of the soil} \leq 85\%$ ; and radiation  $\geq 20\%$ ) over the 17<sup>th</sup> to the 21<sup>st</sup> day, hourly

O mesmo ocorreu nas semanas finais do experimento, onde o processo de controle de temperatura e umidade relativa não foram eficazes em manter os parâmetros dentro da faixa ideal programada.

Verifica-se que a irrigação foi acionada ao longo do tempo de forma que manteve a umidade de solo constante e dentro da faixa ideal programada para a cultura, isso ratifica o correto dimensionamento do sistema dos aspersores e vazão de água, possibilitando que o atuador controle adequadamente o processo. O mesmo não foi observado para os atuadores de ventilação, nebulização e sombreamento, estes ao serem acionados não afetaram de forma efetiva os processos ambientais.

Hassanien e Ming (2017) não encontraram diferença significativa no sombreamento a 40% na produtividade de alface em ambiente protegido. Os autores informam que este parâmetro tem pouca influência no desenvolvimento das folhas e que por isso pode ser otimizado com o uso de painéis fotovoltaicos translúcidos, com a tripla finalidade de gerar sombra, atenuar a temperatura e ainda gerar energia elétrica para alimentação do sistema.

As médias de massa fresca total, diâmetro da planta, altura da planta e diâmetro do colmo, bem como da produtividade total estão descritas na Tabela 1. Para todas as variáveis

analisadas, a interação entre os fatores não foi significativa, ou seja, a variedade independe do ambiente e vice e versa ( $p > 0,05$ ).

Tabela 1 - Resultados teste de Tukey a 5% para características biométricas de duas variedades *Lactuca sativa* L. em relação aos cultivos A1 e A2

| Níveis dos fatores | Diâmetro da planta (cm) | Altura da planta (cm) | Massa fresca total (kg) | Diâmetro do colmo (cm) |
|--------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| A1 (Automat.)      | 35,20 (1,56) a*         | 25,71 (2,69) a        | 0,18 (0,04) a           | 1,33 (0,09) a          |
| A2 (Manual)        | 32,33 (1,86) b          | 23,92 (2,07) a        | 0,14 (0,03) b           | 1,20 (0,10) a          |
| V1 (Americana)     | 34,25 (1,83) a          | 24,29 (2,11) a        | 0,18 (0,03) a           | 1,28 (0,10) a          |
| V2 (Crespa)        | 32,90 (2,63) a          | 25,33 (2,89) a        | 0,14 (0,03) b           | 1,25 (0,13) a          |
| CV (%)             | 4,99                    | 10,35                 | 12,34                   | 7,87                   |

† \*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Verificou-se diferença estatística para a variável diâmetro da planta entre os ambientes, sendo que as plantas de A1 apresentaram maiores diâmetros indicando melhor desenvolvimento vegetativo, proporcionado possivelmente pela oferta adequada de água e condições ambientais próximas ao ideal. Yuri et al. (2016), afirmam que a alface é uma cultura de ciclo rápido, sendo muito exigente em nutrientes em sua fase final de desenvolvimento, após aproximadamente 20 a 30 dias do plantio, ressaltando a importância da nutrição nesse período, bem como a disponibilidade adequada de água para a correta absorção dos sais minerais.

Os ambientes não se diferenciaram entre si em relação as variáveis biométricas altura da planta e diâmetro do colmo ( $p > 0,05$ ), possivelmente por estas características serem pouco responsivas às variações ambientais. Verifica-se também que altura da planta e diâmetro do colmo são pouco evidentes nas fases de desenvolvimento inicial mesmo entre as variedades, onde igualmente não houve diferença. Nota-se que mesmo ocorreu em relação ao diâmetro da planta, altura da planta e diâmetro do colmo para as variedades de alface (Tabela 1). Gonçalves et al. (2017), relatam que a altura de planta e o diâmetro de colmo ficam mais evidentes em trabalhos relacionados à teores de adubação e luminosidade no ambiente, afetando a massa total e a altura pelo processo de estiolamento.

A variável massa fresca total, apresentou diferenças entre variedades e entre ambientes. A diferença estatística apresentada entre as variedades V1 e V2 ocorreu possivelmente devido às conformações vegetativas de dossel diferenciadas apresentadas por estas, sendo a variedade

crespa mais aberta e menos densa, enquanto que a variedade americana, por se tratar de uma variedade que fecha suas folhas centrais para a formação de uma cabeça, produz maior número de folhas internas, apresentando maior massa fresca total, o que corresponde aos resultados encontrados por Ferreira et al. (2014).

Para Marenco & Lopes (2013) o estresse por falta de água no solo estimula o fechamento dos estômatos nas plantas, o que prejudica a absorção de dióxido de carbono afetando o crescimento dos tecidos vegetais. Assim plantas com estresse hídrico em algum momento de seu ciclo, apresentam menores índices de crescimento em comparação com plantas que possuem disponibilidade de água adequada em todas as fases de desenvolvimento. Yuri et al. (2016), afirmam que a adequada nutrição da alface incrementa a produtividade total e garante uma maior renda ao produtor.

Os dados de massa fresca total corroboram para inferir que a produtividade por área é maior no cultivo protegido com automação em comparação ao cultivo protegido com sistema de operação manual, e que dentre as variedades estudadas a alface americana apresenta a maior produtividade por área (tabela 1).

Em termos percentuais a média da massa fresca total da variedade V1, foi 25% superior no ambiente A1 em relação ao ambiente A2. Para a variedade V2, o mesmo dado de massa fresca total foi 30% maior em A1 do que em A2, ratificando o melhor desenvolvimento da cultura no ambiente automatizado.

Vale ressaltar que os algoritmos de controle para casas de vegetação devem utilizar modelos que descrevam o processo de desenvolvimento das plantas ao longo do tempo, podendo ser obtidos através de métodos determinísticos ou estocásticos, atendendo às não linearidades e dinâmica dos processos nessas instalações.

#### **4 CONCLUSÕES**

- 1) O controlador eletrônico baseado em sistemas eletrônicos de baixo custo atendeu as expectativas de funcionamento para controle em casas de vegetação.
- 2) O uso do sistema de controle eletrônico incrementou a produtividade da cultura da alface em 29% no ambiente automatizado em relação ao sistema manual.
- 3) Os algoritmos de programação contendo informações e características da fisiologia vegetal possibilitaram o correto fornecimento de condições ambientais durante o ciclo da cultura.

- 4) Os atuadores de ventilação, nebulização e sombreamento utilizados no experimento não controlaram corretamente os processos climáticos.
- 5) A maior influência no incremento de produtividade no ambiente automatizado ocorreu devido ao correto manejo da irrigação.

### REFERÊNCIAS

- Abdel-Ghany, A. M. Solar energy conversions in the greenhouses. Sustainable systems and society, v.1, p.219-226, 2011.
- Bajer, L.; Krejcar, O. Design and realization of low cost control for greenhouse environment with remote control. Czech Republic, International Federation of automatic control. IFAC. Elsevier, 2015.
- Cermeño, Z. S. Estufas instalação e manejo. 2ed. Lisboa: Litexa. 1990. 355p.
- Ferreira, R.L.F. et al. Produção orgânica de alface em diferentes épocas de cultivo e sistemas de preparo e cobertura de solo. Biosci. J., Uberlandia, v. 30, n. 4, p. 1017-1023, July/Aug. 2014.
- Gonçalves, E.D.V; et al. Crescimento e produtividade de cultivares de alface em ambiente protegido com e sem tela termorrefletora. Scientia Agraria Paranaensis – SAP. Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 2, abr./jun., p. 193-199, 2017.
- Hassanien R. E. H.; Ming, L. Influences of greenhouse-integrated semi-transparent photovoltaics on microclimate and lettuce growth. Int J Agric & Biol Eng, 10(6): 11–22, 2017.
- Ishikawa, S. M.; Figueiredo, G. Olerícolas para cultivo em ambiente protegido. 2011. Revista Casa da Agricultura. Campinas – SP, v.14, n.2, P.24-26, 2011
- Marengo, R. A., Lopes, N.F. Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3º ed. UFV, Viçosa. 2013. 486p.

Mekki, M.; Abdallah, O.; Amin, M. B. M.; Eltayeb, M.; Tafaoul, A.; Babiker, A. Greenhouse monitoring and control system based on wireless sensor network. International Eletronics and Embedded systems engineering. IEEE. Sudan. P.384-387 2015.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rozenfeld, H.; Forcellini, F. A.; Amaral, D. C.; Toledo, J. C.; Silva, S. L.; Alliprandini, D. H.; Scalice, R. K. Gestão de desenvolvimento de Produtos. Uma referência para melhoria do processo. 1 ed. São Paulo. Ed. Saraiva, 2015. 542p.

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumbreras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Cunha, T. J. F.; Oliveira, J. B. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3ªed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

Vatari, S.; Bakshi, A.; Thakur, T. Greenhouse by using IOT and cloud computing. Internacional Conference on recent trends in eletronics information communication technology. IEEE, India. May 2016.

Yuri, J. E.; Mota, J. H.; Resende, G.M.; Souza, R.J. Nutrição e adubação da cultura da alface. In: Nutrição e adubação de hortaliças. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016. Cap.12, p.559-577