

Ventilação mecânica em ambiente controlado para cultivo de microverdes

Palavras-Chave: FAZENDA URBANA, TEMPERATURA DO AR, UMIDADE RELATIVA DO AR

Bruna Banin Delerue de Carvalho, FEAGRI – UNICAMP

Angel Andres Alejo Osuna, FEAGRI – UNICAMP

Davi Alves Feitosa de Souza, FEEC – UNICAMP

Prof^a. Dr^a. Thais Queiroz Zorzeto Cesar (orientadora), FEAGRI – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

As PFAL (*Plant Factories with Artificial Light*) envolvem a produção de plantas em estruturas verticais com prateleiras equipadas com lâmpadas de LED (*light-emitting diode*) e diversos sistemas de controle ambiental (KOZAI; NIU, 2020). Nesses ambientes, é possível produzir microverdes, superalimentos, ricos em vitaminas, minerais e compostos bioativos, que crescem entre 7 e 21 dias após a germinação (PESCARINI et al., 2023).

Em ambientes *indoor*, a ventilação forçada é recomendada para remover a umidade, promover trocas gasosas e favorecer a evapotranspiração. A circulação de ar tem o potencial de ajudar a mitigar o aumento da temperatura das folhas, facilitando a transferência de calor por convecção para longe das plantas. Prover movimento de ar em todo o sistema pode reduzir os gradientes verticais de temperatura do ar e das folhas, bem como as variações dentro de cada camada horizontal do dossel (KITAYA et al., 2000). A velocidade do ar indicada deve ser superior a $0,5 \text{ m s}^{-1}$ na copa foliar e inferior a $1,0 \text{ m s}^{-1}$, pois acima desse valor não ocorre aumento significativo das trocas gasosas e pode causar estresse mecânico (NIU, 2020).

As técnicas ideais de controle que maximizam o rendimento da cultura, ao mesmo tempo que reduzem o consumo de energia e os custos operacionais, ainda não foram desenvolvidas. Assim, o objetivo é avaliar se os fatores ambientais e os parâmetros das plantas são influenciados pelo uso de ventilação mecânica no cultivo *indoor*.

A proposta integrou tema interdisciplinar sobre sistemas de cultivo sem solo em câmara fria para a produção de microverdes. O projeto se enquadrou em áreas de pesquisa prioritárias relacionadas a tecnologias de produção para o desenvolvimento sustentável do agronegócio.

METODOLOGIA:

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Controle Ambiental, da FEAGRI-UNICAMP (Campinas, SP), em ambiente fechado e isolado da luz solar, com controle de temperatura do ar mantido

entre 21 e 23°C. Foram utilizadas três estantes de cultivo (Figura 1), com oito prateleiras, cada uma com dimensões de 0,9 x 0,4 x 0,4 m (Figura 2), totalizando 3,2 m de altura útil. Os tratamentos foram compostos por um fator: microventilação mecânica na prateleira (V0, sem ventilação mecânica; V1, com ventilação). As lâmpadas LED (*light emitting diode*) utilizadas foram as Hortiled Warm White, *full spectrum*, da Master Plants, com 60 cm de comprimento, PPFD de 40 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e potência de 18 W.



Figura 1: Câmara para experimento com os andares analisados em destaque.



Figura 2: Câmara para experimento de microverdes com estantes.

Para avaliar os efeitos da intensidade de luz e da emissão de energia térmica na temperatura e na umidade relativa do ar, com plantas nas estantes de produção, foram instalados sensores SHT-20, com comunicação com microcontroladores (ESP32), através do protocolo I2C, e um computador com função de roteador, recebendo os dados dos sensores e enviando para a nuvem. Para a aquisição e interpretação dos dados binários recebidos, a programação foi em JavaScript. O software foi desenvolvido na IDE do Arduino, utilizando bibliotecas específicas para os sensores, multiplexador, ESP32 e para os protocolos de tempo. A coleta dos dados foi realizada a cada 10 s. Também foi quantificada a velocidade do ar em cada prateleira com um anemômetro de fio quente (DT-3880 Termo-Anemômetro de Fio Quente) em 6 pontos ao longo do comprimento, 5 pontos equidistantes na largura e 4 pontos na altura, com três repetições para cada ponto.

A produção de microverdes foi feita em bandejas plásticas de cultivo (50 cm x 28 cm x 3 cm), com perfurações na parte inferior para drenagem e irrigação por capilaridade. O substrato utilizado foi turfa (50% Sphagnum e 50% Perlita), hidratado até a capacidade de vaso. A espécie de microverde foi a rúcula, com densidade de sementeira de 100 g m⁻². A sementeira foi a lanço, de forma a atingir uniformemente toda a superfície da bandeja (Figura 3). Após a sementeira, o ciclo de cultivo foi dividido em duas fases: escura, para que ocorra a germinação e estiolamento do hipocótilo e enraizamento das plântulas no substrato (3 dias); e clara, com fotoperíodo de 16 h, permanecendo até completarem seu ciclo (7 dias).



Figura 3: Processos de preenchimento da bandeja, sementeira a lanço e o pós-sementeira.

A colheita foi realizada de forma manual com tesoura à altura de 1 cm do substrato, no qual foram selecionadas aleatoriamente 20 microverdes de cada bandeja, sendo medida a altura do hipocótilo (Figura 4) e a quantidade de folhas de cada planta. Após retirar todas as outras microverdes das bandejas, a massa fresca (Figura 4) da parte aérea das plantas foi pesada.



Figura 4: Medição da altura do hipocótilo e Pesagem da massa fresca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os tratamentos sem ventilação (V0) e com ventilação (V1) apresentaram, em média, temperatura do ar de 21,8°C em ambos os tratamentos e umidade relativa de 77 e 76%, respectivamente, com curvas distantes em menos de que 0,1°C entre si (Figura 5).

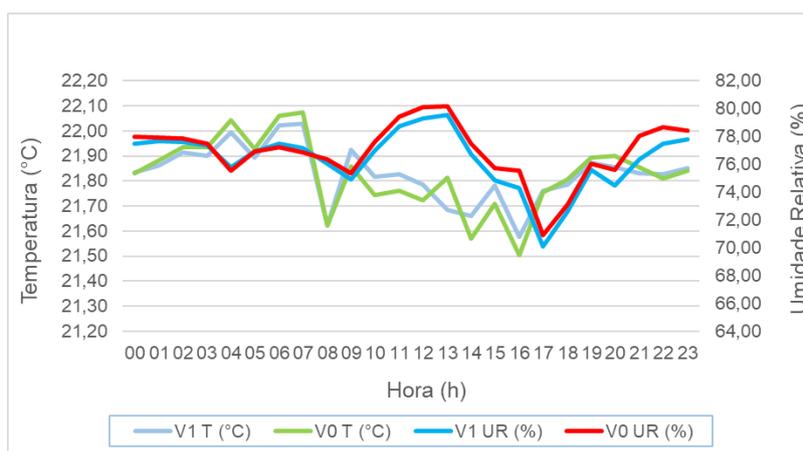


Figura 5: Temperatura (°C) e Umidade relativa do ar (%) durante o período de 24 h, por 10 dias, para os tratamentos sem ventilação (V0) e com ventilação (V1).

A circulação do ar dentro da câmara fria ocorre a partir da unidade evaporativa, com pressão positiva saindo do ventilador localizado acima da terceira estante e pressão negativa ao retornar para a unidade. Essa circulação de ar permitiu velocidades do ar na faixa de 0 a 0,6 m s⁻¹, medidas nas prateleiras sem ventilação mecânica (V0) (Figura 6). NIU (2020) considera ideal o intervalo I de velocidade do ar em um ambiente indoor entre 0,5 - 1 m s⁻¹. Nas prateleiras com ventilação mecânica (V1), a velocidade do ar variou em média de 0,3 a 1,5 m s⁻¹ em toda a extensão das bandejas, mostrando maior heterogeneidade da distribuição do ar e valores acima da faixa recomendada (Figura 6).

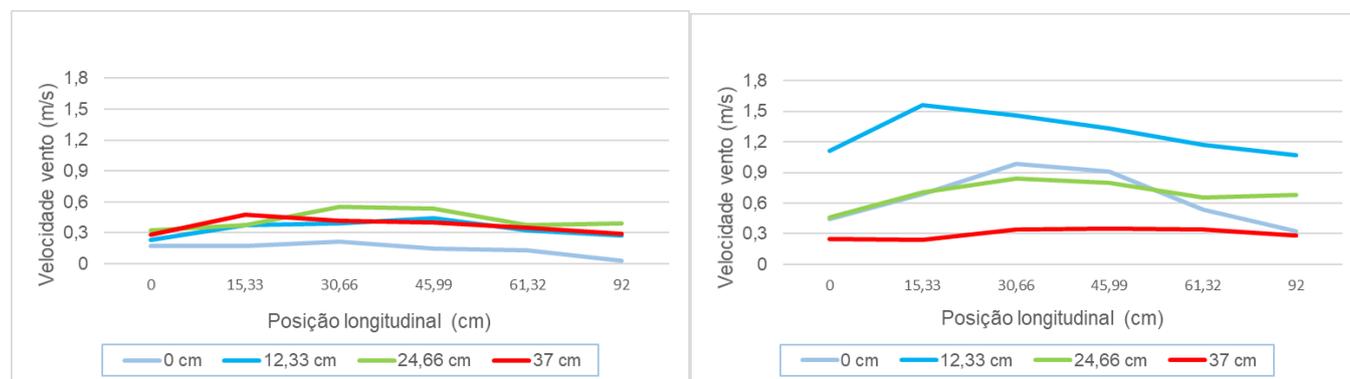


Figura 6: Velocidade do ar medida nas prateleiras sem ventilação mecânica (esquerda) e com ventilação mecânica (direita), ao longo do comprimento das bandejas (posição longitudinal) e para quatro pontos distribuídos na largura das bandejas (curvas de 0 a 37 cm).

As maiores velocidades do ar observadas nas prateleiras com ventilação mecânica podem ter influenciado negativamente o desenvolvimento das plântulas. Foram observados danos mecânicos (Figura 7) e consequente redução na massa fresca total colhida e na altura do hipocótilo nas respectivas bandejas com o tratamento V1, em comparação com o tratamento V0 (Tabela 1).

Tabela 1: Análise da variável da resposta da microverdes com e sem ventilação.

Ambiente	Massa Fresca (g)	N.º folhas	H hip (mm)
V0	77,00	2	33
V1	14,27	2	24

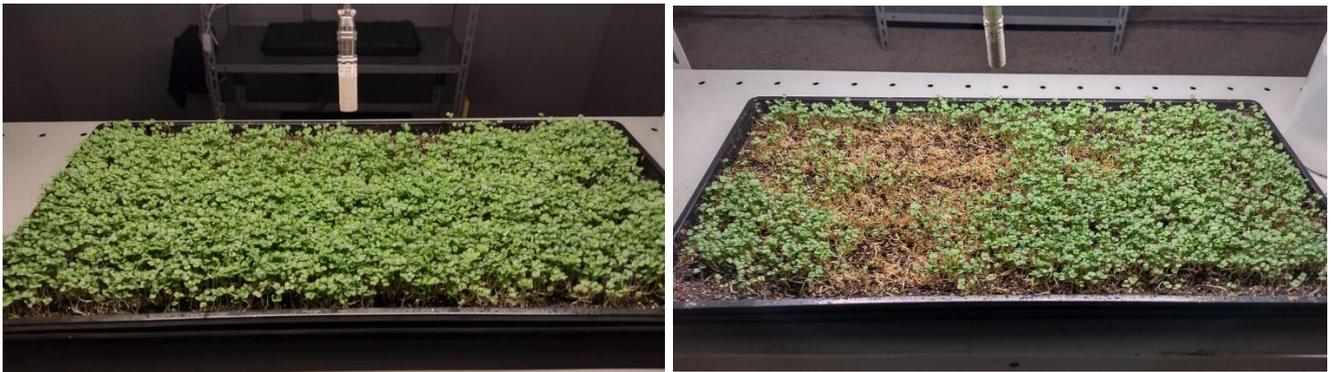


Figura 7: Bandeja de produção de microverdes sem ventilação mecânica localizada nas prateleiras (V0) (esquerda) e com ventilação mecânica localizada (V1) (direita).

CONCLUSÃO:

A adoção da ventilação mecânica localizada na prateleira de cultivo indoor de microverdes, com velocidade do ar superior a $0,6 \text{ m s}^{-1}$ pode afetar negativamente o desenvolvimento das plântulas. Mais pesquisas sobre ventilação mecânica no ambiente *indoor* são necessárias para aprofundar o estudo da ambiência de microverdes.

BIBLIOGRAFIA

- GUIMARAES, J. P. Sistema de automação para estufas residenciais. Belém-PA. Centro Universitário do Estado do Pará. 2017.
- Kozai T, Niu G (2020a) Introduction. In: Kozai T, Niu G, Takagaki M. Plant Factory: an indoor vertical farming system for eficiente quality food production. Elsevier, Academic Press, 2^a ed.
- Lavoura. (2020) Produção de hortaliças 100% controlada. Disponível em: <<https://alavoura.com.br/agricultura/tecnicas-agricolas/producao-de-hortalicas-100-controlada/>>. Acesso em: 01 ago. 2024.
- NIU, Genhua; KOZAI, Toyoki; SABEH, Nadia. Physical environmental factors and their properties. In: Kozai T, Niu G, Takagaki M (2020) Plant Factory: an indoor vertical farming system for eficiente quality food production. Elsevier, Academic Press, 2^a ed.
- PESCARINI, Henrique Baeninger; et al. Atualizações sobre Microgreens cultivadas sob iluminação artificial: Avanços científicos nas últimas duas décadas. Horticulturae, v. 9, n. 864, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080864>. Acesso em: 01 ago. 2024.
- PFEUFER, Emily; GAUTHIER, Nicole W.; KONOPKA, Philip. Managing Greenhouse & High Tunnel Environments to Reduce Plant Diseases. University of Kentucky. 2016. Disponível em . Acesso em: 12 set. 2017.
- Silva, B.A.; Silva, A.R.; Pagiuca, L.G. (2014) Cultivo protegido: em busca de mais eficiência produtiva. CAPA. Hortifruti Brasil, mar/2014.