

TERMOGRAFIA NA ANÁLISE DA ALFACE HIDROPÔNICA CULTIVADA COM ÁGUA DE REÚSO

ANA CAROLINA M. DE C. PEREIRA¹, FABRÍCIO ROSSI², RENATA DA S. CUBA³,
CLAUDINEI F. SOUZA⁴, TAMARA M. GOMES⁵

¹Graduanda em Engenharia de Biossistemas, Depto. de Engenharia de Biossistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA-USP), Pirassununga-SP, fone: (19) 3565-4189, ana.mendes.pereira@usp.br

²Professor, Doutor, Depto. de Engenharia de Biossistemas, FZEA-USP, Pirassununga-SP, fabricio.rossi@usp.br

³Mestre, Depto. de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Araras-SP, renatacuba@hotmail.com

⁴Professor, Doutor, Depto. de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Araras-SP, cfsouza@cca.ufscar.br

⁵Professora, Doutora, Depto. de Engenharia de Biossistemas, FZEA-USP, Pirassununga-SP, tamaragomes@usp.br

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: A termografia é uma ferramenta não-destrutiva importante para o monitoramento dos cultivos, tornando-se uma técnica utilizada na detecção de temperatura, umidade, incidência de patógenos, entre outros. Dentre as alternativas referentes ao reaproveitamento da água, a utilização de esgotos sanitários tratados se destaca, pois podem fornecer nutrientes minerais às hortaliças. O objetivo deste trabalho foi analisar pela termovisão a alface cultivada em sistema hidropônico com água de reúso. O delineamento foi em blocos casualizados, com três tratamentos: 1) solução nutritiva para alface, 2) água de reúso com solução nutritiva e 3) apenas água de reúso, com quatro repetições. A estrutura utilizada foi composta por doze bancadas de cultivo, com quatro perfis hidropônicos de polipropileno e com capacidade para 48 plantas por bancada. Aos 21 dias de desenvolvimento das alfaces foram coletadas as imagens termográficas. No tratamento 3, os prejuízos para a cultura foram visíveis, com sintomas de deficiência de nutrientes, crescimento reduzido da parte aérea e do sistema radicular, resultando em plantas fora dos padrões comerciais. A temperatura foliar média neste tratamento foi inferior (20,85°C) e a umidade média (69,08%) foi superior em relação aos demais tratamentos. No entanto, não foi possível detectar diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L., termovisão, efluentes

THERMOGRAPHY IN THE ANALYSIS OF GROWING LETTUCE IN HYDROPONIC WASTEWATER

ABSTRACT: Thermography is an important non-destructive tool for monitoring of crops, making it a technique used in the moisture detection, incidence of pathogens, among others. Among the alternatives regarding the reuse of water using treated sewage stands out because the mineral nutrients can provide vegetables. The objective of this study was to analyze the thermal imaging lettuce grown hydroponically with reclaimed water. The design was randomized blocks with three treatments: 1) nutrient solution for lettuce, 2) reuse water with nutrient solution and 3) only water reuse, with four replications. The structure used was composed of twelve benches cultivation, hydroponics with four profiles of polypropylene and with a capacity of 48 plants per bench. At 21 days of development of lettuce, thermographic images were collected. In treatment 3, the damage to the crop were visible, with nutrient deficiency symptoms, reduced growth of shoot and root system, resulting in plants outside commercial standards. The average leaf temperature in this treatment was lower (20.85°C) and average humidity (69.08%) was higher than the other treatments. However, it was not possible to detect statistically significant differences between treatments.

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L., infrared, effluent

INTRODUÇÃO: A escassez de água tem sido umas das questões mais discutidas atualmente, por isso é de extrema importância a busca por novas alternativas de reaproveitamento da água. Segundo SPERLING (2005), os componentes presentes na água que alteram seu grau de pureza podem ser retratados em termos das suas características físicas, químicas e biológicas. Dentre tantas alternativas, a utilização de esgotos sanitários tratados se destaca devido à dados inegáveis atrativos de natureza econômica, ambiental e social (BASTOS et al., 2005). Outro dado importante relacionado à essa utilização está baseado no fato de que os efluentes de tratamento de esgotos sanitários apresentam nutrientes minerais e podem ser utilizados em solução nutritiva no cultivo de hortaliças. No entanto, são escassas as ferramentas de análise não destrutiva para avaliação ao longo do cultivo a fim de verificar a influência da nutrição na saúde e desenvolvimento dos vegetais. Dessa forma, a termografia infravermelha é uma ferramenta interessante a ser analisada para o monitoramento dos vegetais. A partir da termovisão é possível a detecção de temperatura e umidade, incidência de patógenos e de demais fatores relacionados às plantas. Esta técnica consiste em um procedimento capaz de converter o padrão de radiação invisível de um objeto em imagens visíveis de extração de características e possíveis de análise. MAHLEIN et al. (2011) apresentam perspectivas recentes em seus estudos de que o uso de sensores ópticos não-invasivos são utilizados na detecção, identificação e quantificação de doenças de plantas em diferentes escalas. A utilização de imagens térmicas na agricultura inclui a previsão de estresse em diversas culturas (VADIVAMBAL; JAYAS, 2010). Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar pela termovisão a alface cultivada em sistema hidropônico com água de reúso.

MATERIAL E MÉTODOS: A área experimental para o cultivo da alface 'Vanda' foi a estufa das instalações do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRNPA) do Centro de Ciências Agrárias- Universidade Federal de São Carlos (CCA/UFSCar), localizado no município de Araras, Estado de São Paulo, com latitude 22° 18'53.23"S e longitude de 47° 23'00.91"O. O experimento foi desenvolvido no período de 01 a 27 de agosto de 2014. As mudas foram previamente aclimatadas em um berçário por 7 dias após a germinação, até atingirem o tamanho ideal para serem alocadas no local definitivo do experimento.

O delineamento foi em blocos ao acaso, com três tratamentos e quatro repetições. O primeiro tratamento foi realizado com solução nutritiva comercial (TA), o segundo por esgoto tratado e complementado com solução nutritiva de acordo com resultado de sua análise química (TRA) e o terceiro somente com esgoto tratado (TR) do qual também foi feito a análise química para verificar os teores de nutrientes contidos no mesmo.

A estrutura utilizada foi composta por doze bancadas de cultivo, com três metros de comprimento, quatro perfis hidropônicos de polipropileno (75 mm) e com capacidade para 48 plantas por bancada.

A água de reúso foi captada na saída da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada ao lado da casa de vegetação. A análise do efluente tratado foi feita antes do seu uso nos tratamentos, para efeito de caracterização e também para calcular a quantidade de fertilizante a ser adicionado no TRA. Foram coletadas amostras de 0,5 L em frasco esterilizado no tanque de equalização para análise dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, tais como: pH, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), fósforo total, nitrogênio total, cálcio, sódio, potássio, magnésio, coliformes totais e *Escherichia coli*, de acordo com APHA (2012).

O preparo da solução nutritiva para o TA e para o TRA foi realizado com base na recomendação para a cultura da alface proposta por MARTINEZ & SILVA FILHO (2004), porém no tratamento TRA, a adição dos fertilizantes foi de acordo com o resultado das análises, descontando da quantidade recomendada os teores já presentes no efluente tratado, e para o terceiro tratamento conforme já mencionado, a solução usada foi apenas a água de reúso.

A circulação da solução nutritiva do reservatório de armazenamento de cada tratamento realizou-se por meio de um conjunto moto-bomba, o qual foi acionado por um temporizador, até a parte mais alta do perfil e retornou ao reservatório por ação da gravidade. A vazão mantida em cada canal foi de 1,5 L min⁻¹, conforme proposto por MARTINEZ & SILVA (2004). O sistema foi programado para fornecer a solução em intervalos regulares, durante o dia a cada 15 minutos e a noite 15 minutos a cada 1 hora, de acordo com FURLANI et al. (1999).

Aos 12 dias de desenvolvimento das alfaces após transplante para o local definitivo foram coletadas as imagens termográficas. Para a obtenção dessas imagens foi utilizada uma câmera colorida digital da

marca Testo, modelo 875-2i, com detector de 160 x 120 Pixels, sensibilidade térmica (NETD) < 50 mK, câmara digital integrada com iluminação LED e medição de umidade. No momento da coleta das imagens a temperatura ambiente era de 30°C e UR = 40%. Para a realização da análise termográfica, utilizou-se o Testo IRSof software. Aos 21 dias após o transplante para o local definitivo, fez-se a colheita para a determinação da massa fresca da alface, colhendo 20 plantas de cada bancada, desprezando dessa forma a bordadura.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o software estatístico Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A água de reúso utilizada nos cultivos apresentou os seguintes valores: pH = 7,38±0,15, CE = 0,72±0,12 dS cm⁻¹, DBO = 42,30±9,84 mg l⁻¹, OD = 2,35±0,27 mg l⁻¹, Turbidez (NTU) = 21,35±4,45, NOT (Nitrogênio Orgânico Total) = 23,80±6,08 mg l⁻¹, P= 5,08±2,55 mg l⁻¹, K = 14,50±7,19 mg l⁻¹, Ca = 48,39±17,37 mg l⁻¹, Mg = 11,39±9,39 mg l⁻¹, S= 28,89±37,53 mg l⁻¹, Na = 53,00±40,27 mg l⁻¹, RAS (Razão de Adsorção de Sódio) = 4,39±1,59; Coliformes totais: NMP (Número mais Provável) > 24,20x10² 100 ml⁻¹. A partir da análise da água de reúso proveniente da Estação Piloto de Tratamento de Esgoto, foi possível observar um efluente com baixo teor de nutrientes para ser utilizado como solução nutritiva, levando em consideração os valores recomendados por MARTINEZ & SILVA FILHO (2004). Em relação aos tratamentos, as médias de condutividade elétrica (CE) e pH foram: TA = 2,07±0,37 dS cm⁻¹ e pH = 6,58±0,36, TRA = 2,11±0,17 dS cm⁻¹ e pH = 6,65±0,49, TR = 0,55±0,09 dS cm⁻¹ e pH = 8,3±0,07.

A figura 1 mostra a estufa, os reservatórios dos tratamentos e a parcela experimental.



FIGURA 1. Estufa, reservatório com solução nutritiva e parcela experimental (CCA/UFSCar), 2014.

Em relação a análise termográfica, os tratamentos apresentaram valores de temperaturas e umidades mínimas, respectivamente de: TA = 19,55°C e 49,10%, TRA = 18,83°C e 52,23% e TR = 18,85°C e 45,45%; e máximas de TA = 26,80°C e 74,80%, TRA = 25,53°C e 78,33% e TR = 28,10% (Tabela 1). No tratamento constituído apenas pela água de reúso (TR), a temperatura foliar média neste tratamento foi inferior (20,85°C) e a umidade média (69,08%) foi superior em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). Em TR houve a maior diferença entre as temperatura mínimas e máximas (9,25°C) e também em relação a umidade (32,75%).

TABELA 1. Temperatura e umidade determinada pela termografia nas folhas da alface crespa, cultivar Vanda com aplicação de efluente aos 12 dias após transplante (DAT). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Araras-SP, 2014.

Tratamento	Temperatura (°C)			Umidade (%)		
	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
(TA) Solução nutritiva	19,55 a	26,80 a	21,78 a	49,10 a	74,80 a	65,38 a
(TRA) Água de reúso e solução nutritiva	18,83 a	25,53 a	21,10 a	52,23 a	78,33 a	68,43 a
(TR) Água de reuso	18,85 a	28,10 a	20,85 a	45,45 a	78,20 a	69,08 a
C.V. (%)	4,76	10,91	6,03	15,51	5,83	7,56

Médias seguidas de letras distintas, para cada parâmetro, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos para os parâmetros avaliados pela termovisão. Na figura 2 são apresentadas imagens termográficas das alfaces dos diferentes tratamentos.

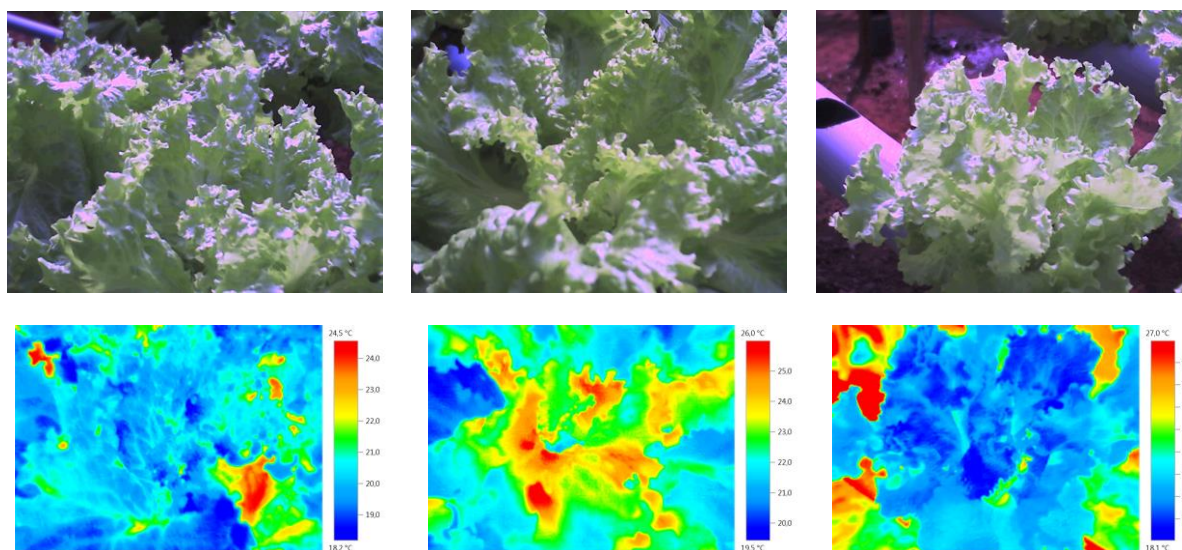


FIGURA 2. Imagem normal e termográfica da alface hidropônica cultivada nos diferentes tratamentos, TA, TRA e TR, respectivamente da esquerda para direita. CCA/UFScar, Araras-SP, 2014.

CONCLUSÕES: A termovisão foi eficiente na obtenção de dados de temperatura e umidade da superfície foliar de alfaces cultivadas com água de reúso. No entanto, não foi possível diferenciação estatística das alfaces dos diferentes tratamentos apenas com avaliação pontual ao longo do cultivo.

REFERÊNCIAS

- American Public Health Association (APHA). (2012). **Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington, DC: APHA, 2012.
- BASTOS, R. K. X. et al. Tratamento de esgotos sanitários e usos múltiplos de efluentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p.164-170, 2005.
- BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, Piracicaba, p. 152-169, 2008.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. *Ciência e Agrotecnologia (UFPA)*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999.
- MAHLEIN, A.K. OERKE, E.C.; STEINER, W.; DEHME, H.W. Recent advances in sensing plant diseases for precision crop protection. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v.133, p. 197-209, 2011.
- MARTINEZ, H.E.P.; SILVA, J. B. da Filho. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas** (2a. ed.). Viçosa: UFV, 2004.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 1997.
- SPERLING, M. V. **Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 3ª edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-DESA: Editora UFMG, 2005, v.1.
- VADIVAMBAL, R.; JAYAS, D.S. Applications of thermal imaging in agriculture and food industry- a review. **Food Bioprocess Technol**, New York, v. 4, p. 186-199, 2010.