

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E USO DE HIDRORRETENTOR NA
PRODUÇÃO DE ALFACE EM AMBIENTE PROTEGIDO

Autor: Welcio Rodrigues da Silva
Orientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
Coorientador: Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira

CERES - GO
Fevereiro - 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E USO DE HIDRORRETENTOR NA
PRODUÇÃO DE ALFACE EM AMBIENTE PROTEGIDO

Autor: Welcio Rodrigues da Silva
Orientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
Coorientador: Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, no Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Ceres - Área de concentração: Irrigação.

Ceres - GO
Fevereiro - 2018

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SSI586
n SILVA, WELCIO RODRIGUES DA
NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E USO DE HIDRORETENTOR NA
PRODUÇÃO DE ALFACE EM AMBIENTE PROTEGIDO / WELCIO
RODRIGUES DA SILVA; orientador Leandro Caixeta
Salomão; co-orientador Henrique Fonseca Elias de
Oliveira. -- Ceres, 2018.
42 p.

Dissertação (Graduação em MESTRADO PROFISSIONAL EM
IRRIGAÇÃO NO CERRADO) -- Instituto Federal Goiano,
Câmpus Ceres, 2018.

1. hidrogel. 2. Lactuca sativa L.. 3.
hidroretentor. 4. lâminas de irrigação. I. Caixeta
Salomão, Leandro, orient. II. Fonseca Elias de
Oliveira, Henrique, co-orient. III. Título.

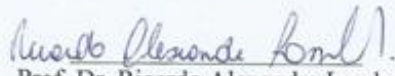
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E USO DE HIDRORETENTOR NA
PRODUÇÃO DE ALFACE EM AMBIENTE PROTEGIDO

Autor: Welcio Rodrigues da Silva
Orientador: Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
Coorientador: Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado - Área de Concentração:
Tecnologias de Irrigação

APROVADO em 21 de fevereiro de 2018.


Prof. Dr. Ricardo Alexandre Lambert
Avaliador externo
Universidade Luterana do Brasil


Prof. Dr. Alexandre Igor de A. Pereira
Avaliador interno
IF Goiano - Campus Urutai


Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão
(Orientador)
IF Goiano - Campus Urutai

**DEDICO AOS MEUS PAIS, NILTON ELIAS REIS DA SILVA E ELZA
RODRIGUES DA CUNHA,**

pelo que representam para mim: exemplo de humildade, perseverança, força e fé. Sem
sombra de dúvidas, essa conquista é de vocês.

OFEREÇO

À MINHA IRMÃ, WESLANE,
por estar ao meu lado durante esses anos.

E À MINHA FAMÍLIA,
pela ajuda, companhia, força, compreensão e afeto.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por gozar de saúde para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Nilton Elias Reis da Silva e Elza Rodrigues da Cunha e, à minha irmã Weslane Rodrigues da Cunha, pelo apoio e confiança que sempre me deram.

À minha namorada Débora Regina Marques Pereira, pelo apoio, contribuição, paciência e motivação na realização de mais essa etapa.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, por todos esses anos de ensino.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, pela disponibilização do campo experimental e pela acolhida.

À FAPEG, pela bolsa cedida nos anos de trabalho.

Ao orientador Prof. Dr. Leandro Caixeta Salomão, pelos ensinamentos, questionamentos e amizade durante toda essa fase.

Ao coorientador, Prof. Dr. Henrique Fonseca, por todo conhecimento compartilhado.

Aos membros da banca, pela contribuição na finalização deste trabalho.

Aos demais professores do programa de pós graduação pelos ensinamentos.

Aos colegas de curso Alexandre, Tiago, Manuel, Andréia, Aline, Eduardo, Fernando e aos demais, pelo companheirismo e amizade durante o curso do mestrado.

Ao aluno do curso de Agronomia do IF Goiano – Campus Ceres, Rannie, e aos alunos do curso de Engenharia Agrícola do IF Goiano – Campus Urutaí, Dione e Juliana, que colaboraram na condução do trabalho.

E as demais pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para que este trabalho pudesse ser concluído.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Welcio Rodrigues da Silva, filho de Nilton Elias Reis da Silva e Elza Rodrigues da Cunha, nasceu em Santa Rosa de Goiás-GO, aos 08 de Agosto de 1992, solteiro.

Técnico Agrícola pelo Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, concluindo em 2010. Agrônomo pelo Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, concluindo em 2015, com ênfase na produção de maracujá, melancia, abóbora e pimenta, por meio de cultivos próprios. Bolsista PIBIC Junior/IF Goiano em 2010 com projeto “Produtos de Pimenta, uma Alternativa Saborosa e Benéfica à Saúde”. Bolsista PIBITI/CNPq e PIBITI/IF Goiano, entre 2011 e 2015 com os projetos: “Desempenho de Três Cultivares de Banana (*Musa spp*) na Região de Ceres/GO”, “Determinação de Equação Matemática para Área Foliar Total e Análise Nutricional de oito Cultivares de Banana (*Musa Spp*) na Região de Ceres/GO”, “Desempenho de oito Cultivares de Banana (*Musa spp*) na Região de Ceres/GO” e “Qualidade de Sementes de Baru (*Dipterex Alata* Vog.) colhidas em Três Locais do Estado de Goiás”.

Em 2015, iniciou o Mestrado Profissional no Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres – Área de concentração: Tecnologias de Irrigação. No ano de 2016, iniciou atividades de docência como professor bolsista do programa Pronatec-Mediotec na UEG - Campus Goianésia.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS -----	viii
ÍNDICE DE FIGURAS -----	ix
ABSTRACT-----	xiii
1. INTRODUÇÃO -----	15
1.1. Referências Bibliográficas-----	19
2. OBJETIVOS -----	21
3. CAPITULO I-----	22
3.1. INTRODUÇÃO-----	23
3.2. MATERIAL E MÉTODOS -----	25
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	30
3.4. CONCLUSÕES -----	38
3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	39

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Resultados da Análise química de solo (0-20 cm profundidade) do Ambiente Protegido 1, do campo experimental Urutaí - GO, 2017 -----	26
Tabela 2. Resultados da Análise física de solo (0-20 cm profundidade) do Ambiente Protegido 1, do campo experimental Urutaí - GO, 2017 -----	26
Tabela 3. Coeficiente da cultura (Kc) para as fases de desenvolvimento da alface (Adaptado de Trani et al. 2011) -----	29
Tabela 4. Resumo da ANAVA para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), número de folhas (NF), altura máxima de plantas (H), produtividade (PRO) e eficiência do uso da água (EUA) da alface, submetida a quatro níveis de irrigação e a cinco doses de solução hidrorretentora em ambiente protegido -----	32
Tabela 5. Lâminas acumuladas para cada nível de irrigação utilizado no cultivo de alface em ambiente protegido -----	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Layout da distribuição do experimento -----	27
Figura 2. Covas abertas na superfície dos canteiros com 50 g, 100 g, 150 g e 200 g de solução hidrorretentora em (A), (B), (C) e (D), respectivamente -----	27
Figura 3. Temperaturas do ar no interior do ambiente protegido -----	31
Figura 4. Umidade relativa média do ar no interior do ambiente protegido -----	31
Figura 5. Massa fresca da parte aérea (MFPA) para diferentes níveis de irrigação (A) e doses de solução hidrorretentora (B) no cultivo de alface em ambiente protegido -----	34
Figura 6. Massa seca parte aérea (MSPA) em (A) e número de folhas (NF) em (B) para diferentes doses de solução hidrorretentora no cultivo de alface em ambiente protegido	35
Figura 7. Altura máxima de planta (H) para diferentes níveis de irrigação (A) e doses de solução hidrorretentora (B) no cultivo de alface em ambiente protegido-----	36
Figura 8. Produtividade (PRO) para diferentes níveis de irrigação (A) e doses de solução hidrorretentora (B) no cultivo de alface em ambiente protegido -----	36
Figura 9. Eficiência do uso da água (EUA) para diferentes níveis de irrigação (A) e doses de solução hidrorretentora (B) no cultivo de alface em ambiente protegido -----	38

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo /Sigla	Significado	Unidade
CUD	Coeficiente de Uniformidade de Distribuição	%
EUA	Eficiência do Uso da Água	Kg.ha ⁻¹ .mm ⁻¹
SAP	Polímero Superabsorvente	-
CEASA	Central Estadual de Abastecimento S. A	-
UEP	Unidade Educacional de Produção	-
m.c.a.	Metros de coluna d'água	
ETo	Evapotranspiração de Referência	Mm
EV	Evaporação do Tanque	Mm
DAT	Dias após o Transplante	Dias
Kc	Coeficiente da Cultura	Decimal
MFPA	Massa Fresca da Parte Aérea	g
MSPA	Massa Seca da Parte Aérea	g
H	Altura máxima de plantas	Cm
NF	Número de Folhas	Unidade
PRO	Produtividade	t.ha ⁻¹
ANOVA	Análise de Variância	-
T MAX	Temperatura Máxima	°C
T MIN	Temperatura Mínima	°C
T MED	Temperatura média	°C
Ug	Umidade Gravimétrica	%
UR	Umidade Relativa	%
CV	Coeficiente de Variação	%
ETc	Evapotranspiração da Cultura	Mm

RESUMO

SILVA, WELCIO RODRIGUES DA. Instituto Federal Goiano - Campus Ceres – GO, fevereiro de 2018. **Níveis de irrigação e uso de hidrorretentor na produção de alface em ambiente protegido**. Orientador: Dr. Leandro Caixeta Salomão. Coorientador: Dr. Henrique Fonseca Elias de Oliveira.

A utilização de hidrogéis na agricultura irrigada tem se mostrado promissora, fato que vem sendo observado na literatura. Entretanto, mais estudos devem ser realizados, pois não existem metodologias concretas de utilização dessas substâncias. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de irrigação e de diferentes doses de solução hidrorretentora na produção de alface em ambiente protegido. O experimento foi realizado na área experimental de Olericultura do Instituto Federal Goiano (IF Goiano), Campus Urutaí-GO, entre os meses de dezembro de 2017 a janeiro de 2018, sendo conduzido em ambiente protegido. Foi utilizado, no experimento, o delineamento estatístico de blocos ao acaso, em esquema fatorial (4x5), com parcela subdividida e quatro blocos, em que se utilizaram quatro níveis de irrigação (50, 75, 100 e 125%) da evaporação obtida diariamente pelo micrômetro de gancho e cinco doses de solução de hidrogel (0, 50, 100, 150 e 200 g). Para cada dose (subparcela), teve-se o equivalente a 16 plantas, sendo apenas as quatro centrais tidas como úteis para as análises. Sendo que cada subparcela era constituída de 16 plantas, cada parcela 80 plantas, cada bloco 320 plantas, totalizando 1280 plantas utilizadas no experimento. A cultivar de alface crespa utilizada foi a Vanda. A colheita foi realizada aos 29 dias após o transplante, sendo as variáveis analisadas: massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, altura máxima de plantas, número de folhas, produtividade e eficiência do uso da água. Para os dados, realizou-se a análise de variância e, para os resultados que apresentaram significância, realizou-se a análise de regressão, mediante pré-análise exploratória dos dados. De acordo com os resultados das médias encontradas, observa-se que existe um acréscimo na porcentagem de umidade gravimétrica do solo, tanto com o aumento da dose de solução hidrorretentora, quanto com o aumento do nível de irrigação. O uso de solução hidrorretentora em alface crespa, cultivar Vanda, proporcionou aumento significativo em todos os parâmetros produtivos

avaliados. Os níveis de irrigação utilizados influenciaram significativamente as variáveis: massa fresca da parte aérea, altura máxima de planta, produtividade e eficiência no uso da água. A produtividade aumentou 18,42% para os níveis de irrigação utilizados e os maiores valores estimados foram com a dose de solução hidrorretentora de 157,49 g (14,46 t.ha⁻¹).

PALAVRAS-CHAVES: hidrogel, *Lactuca sativa* L., lâminas de irrigação

ABSTRACT

SILVA, WELCIO RODRIGUES DA. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Ceres Campus, state of Goiás (GO), Brazil, February, 2018. **Irrigation levels and use of hydro retainer in lettuce production under protected environment.** Advisor: Dr. Salomão, Leandro Caixeta. Co-advisor: Dr. Oliveira, Henrique Fonseca Elias de.

The use of hydrogels at irrigated agriculture has being promising, fact observed in literature; however, other studies should be done, because there are no effective methodologies about the use of these substances. Therefore, this study aims to evaluate the effect in different irrigation levels and different doses of hydro retainer solution on lettuce production in protected environment. The experiment was carried out in the experimental area of the Vegetable Crops of Goiano Federal Institute, Urutaí Campus, state of Goiás, (GO), Brazil. The experiment was carried out from December 2017 to January 2018 under protected environment. The experimental design was in randomized complete block in a 4x5 factorial scheme of split-plot and four blocks, four irrigation levels (50%, 75%, 100%, and 125%) obtained from the daily evaporation by the hook micrometer and five doses of hydrogel solution (0, 50, 100, 150, and 200 g). Each dose (split-plot) had the equivalent of sixteen plants, and only four plants were considered useful for analyzes. In the experiment, the following arrangement was made: (a) each split-plot was composed by 16 plants; (b) each plot was composed by 80 plants; and (c) each block was composed by 320 plants, totaling 1280 plants. Vanda was the crisp lettuce cultivar used. Harvesting

was carried out at the twenty-ninth days after transplant, and the fresh mass from the aerial part, dry mass from the aerial part, maximum plant height, number of leaves, productivity, and efficient use of water were the variables analyzed. Data was collected by analysis of variance, and significant results were obtained by regression analysis performed by exploratory pre-analysis of data. In accordance with results from the average found, there is an increase in the percentage of soil gravimetric moisture, both in the increase of the dose of hydro retainer solution and in the increase of the irrigation level. The use of hydro retainer solution on crisp lettuce, Vanda cultivar, provided a significant increase in each evaluated productive parameter. The irrigation levels used had a significant influence on fresh mass from aerial part, maximum plant height, productivity, and efficient use of water. The productivity increased 18.42% in the irrigation levels used, and the highest estimated values were presented in the dose of 157.49 g (14.46 t.ha⁻¹) hydro retainer solution.

KEYWORDS: Hydrogel. *Lactuca sativa* L. Irrigation blades

1. INTRODUÇÃO

Com a ampliação da área irrigada, tem-se, conseqüentemente, um aumento da demanda de água para suprir as necessidades das lavouras. Esse bem de consumo se torna cada vez mais escasso em várias regiões do país e do mundo. Além disso, por ser um fator essencial para manutenção e expansão da produção agrícola, tem-se por necessidade estudar alternativas para minimizar seu desperdício nesse setor (Carvalho, 2017).

Uma das formas de se minimizar o uso de água pelas culturas é a escolha do método de irrigação adequado. Segundo Bastos et al. (2011), os métodos de irrigação se referem a forma de aplicação da água, sendo eles: irrigação por superfície, por aspersão, localizada e subsuperficial, possuindo, cada uma, vantagens e desvantagens. Entretanto, de forma geral, os sistemas mais utilizados para o cultivo de hortaliças são os de aspersão convencional e mecanizada e o sistema de gotejamento.

Abordando sobre o método de irrigação localizada, Bernardo et al. (2006) explicam que esse se caracteriza pela aplicação de água diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades (1 a 160 L.h⁻¹), e a alta frequência de aplicação, constituindo-se de um turno de rega de 1 a 4 dias. Especificamente para o sistema de gotejamento, as vazões são de 1 a 20 L.h⁻¹.

Além disso, Marouelli et al. (2014) apontam que uma das características desse sistema é que a área superficial molhada é menor que nos demais sistemas, o que reduz as perdas de água. Outro ponto, de acordo com Souza et al. (2006), é que o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) do sistema de irrigação por gotejamento, em geral, ultrapassa os 90%, o que o classifica como excelente.

Outro ponto muito importante é que, segundo Hansen (2015), a Universidade do Estado do Colorado, nos Estados Unidos, aponta que sistemas por gotejamento, que são devidamente gerenciados, podem chegar a 90% de eficiência no uso da água (EUA). Isso levou alguns municípios americanos a isentar os produtores de restrições de água.

Apenas a escolha de um bom sistema de irrigação, não garante ao produtor um bom retorno econômico, é preciso manejá-lo de maneira coerente para a obtenção de sucesso. Outro ponto crucial, devido ao cenário atual de demanda crescente de água, é a utilização de novas tecnologias, que venham a contribuir com o uso racional da água.

Neste contexto, Marouelli & Sousa (2011) expõem que o uso de tecnologias poupadoras de água promove ganhos significativos de produtividade, além de minimizar o desperdício de água e reduzir impactos ambientais, proporcionando maior sustentabilidade econômica ao produtor.

Uma das possíveis alternativas para potencializar a utilização de recursos hídricos, é a utilização de polímeros hidrorretentores (hidrogéis). Segundo Azevedo et al. (2002), o surgimento destes polímeros, a base de poliacrilamida, ocorreu na década de 50, por uma empresa americana. Esses materiais tinham capacidade pequena de retenção de água deionizada, o que não ultrapassava 20 vezes a sua massa. Posteriormente, nos anos 70, uma empresa britânica conseguiu aumentar essa capacidade de retenção de 20 para 40 vezes e de 40 para 400 vezes no ano de 1982.

Atualmente, no mercado, esses produtos recebem o nome de polímeros superabsorventes (SAP) que, de acordo com Rosa et al. (2007), têm capacidade de reter de 100 a 1000g de água por grama de polímero. Fonseca et al. (2014) complementam que, quando o fluido uma vez absorvido, não é liberado de forma rápida e fácil, o processo de dessorção é lento.

Essas substâncias podem receber vários outros nomes como polímeros hidrorretentores, hidrogéis ou polímeros retentores de água. Muito além de uma nomenclatura diversa, essa substância traz uma alternativa de grande importância, que é a obtenção de maior eficiência no uso da água (Navroski et al., 2015).

Neste sentido, os polímeros hidrorretentores podem ser interessantes, atuando como reguladores da disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade local e minimizando os custos de produção (Mendonça et al., 2013).

Como toda tecnologia, os hidrogéis possuem seu ponto negativo. Segundo Hafle et al. (2008), o seu custo ainda é bastante elevado. Entretanto, resultados positivos podem ser obtidos com pequenas doses, que têm a possibilidade de elevar tanto a capacidade de retenção de água quanto de nutrientes.

Assim como a utilização dos hidrogéis, pesquisas atuais voltadas a testar níveis de irrigação têm buscado encontrar metodologias que possam contribuir com a economia de água. O manejo do uso da água é uma técnica, que quando executada de forma adequada, promove um menor consumo de água, gerando menores custos totais de produção e aumento da rentabilidade das lavouras irrigadas.

Alinhado a essa questão, Marouelli et al. (2011) abordam que um manejo de irrigação eficiente deve fornecer água às plantas em quantidade suficiente para prevenir o estresse hídrico, promovendo ganho de produtividade, qualidade de produção, reduzir o desperdício de água, a lixiviação de nutrientes e a degradação do meio ambiente. Para isso, a água deve ser fornecida em quantidades que possam ser armazenadas no solo, na camada correspondente à zona radicular e em um turno de rega que atenda à demanda de água das plantas.

Mesmo sendo uma tecnologia que atualmente está incorporada aos diversos sistemas produtivos de fruteiras e hortaliças, no Brasil, o manejo de irrigação ainda é executado de maneira inadequada, geralmente com grande desperdício de água (Marouelli & Sousa, 2011). Estudos apontam que, em média, cerca de 50% da água que é capitada com a finalidade de irrigação é perdida e não chega a ser utilizada pelas plantas (Pereira et al., 2011).

O produtor que visa um bom manejo de irrigação deve estar atento, pois, de acordo com Saad (2009), cada cultura ou até mesmo cada cultivar ou híbrido de uma determinada cultura, tem requerimento de água específico, já que a necessidade de água varia de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura e com o clima do local de cultivo.

Nesse aspecto, também se encontram as hortaliças que são plantas de alto valor econômico, caracterizadas pelo elevado custo de produção, mas quando exploradas de forma tecnificada e intensiva, possibilitam incrementos significativos de produtividade e de receita líquida (Marouelli & Sousa, 2011).

Outro ponto para a produção tecnificada de hortaliças é a utilização de ambiente protegido, que é bastante difundida e aceita pelos produtores em função das produtividades elevadas e da alta qualidade durante todo ano, utilizando pequenas

áreas. Mesmo diante de tamanha importância para a olericultura, o cultivo em ambiente protegido carece de pesquisas que subsidiem o aproveitamento do potencial dessa tecnologia nas diferentes condições climáticas do país, especialmente no que diz respeito ao manejo adequado da irrigação (Santos & Pereira, 2004).

A utilização de hidrogéis na agricultura irrigada tem se mostrado promissora, fato que vem sendo observado na literatura, embora mais estudos devam ser realizados, pois não existem metodologias concretas de utilização dessas substâncias em termos de dosagens, bem como o quanto se pode reduzir na quantidade de água aplicada com a introdução dessa tecnologia em um cultivo irrigado. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de irrigação e de diferentes doses de solução hidrorretentora na produção de alface em ambiente protegido.

1.1. Referências Bibliográficas

Azevedo, T. L. F.; Bertonha, A.; Gonçalves, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. Revista do Programa de Ciências Agro-ambientais, Alta Floresta. v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002.

Bastos, E. A.; Nogueira, C. C. P.; Veloso, M. E. C.; Andrade Júnior, A. S.; Sousa, V. F.; Paz, V. P. S. Métodos e sistemas de irrigação. In: Sousa, V. F.; Marouelli, W. A.; Coelho, E. F.; Pinto, J. M.; Coelho Filho, M. A. (Org.). Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.137-156.

Bernardo, S.; Soares, A. S.; Mantovani, E. C. Manual de irrigação. 8.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625p.

Carvalho, J. S. Produção de pimenta dedo-de-moça em função de doses de hidrogel e turnos de irrigação. Ceres-GO: Instituto Federal Goiano - Campus Ceres, 2017. 40p. Dissertação Mestrado.

Fonseca, M. T. C. B.; Rodrigues, A.; Rosa, F. C.; Casquilho, M. Application of Superabsorbent Polymers to minimize soil water stress. Lisboa: Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa, 2014. 10p.

Hafle, O. M.; Cruz, M. C. M.; Ramos, J. D. ; Ramos, P. S.; Santos, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.3, n.3, p.232-236, jul.-set., 2008.

Hansen, J. As vantagens e desvantagens dos sistemas de irrigação para gramados e jardins. Trad. Ornelas, G. V. B. Irrigação.net, 2015. Disponível em: <http://www.irrigacao.net/irrigacao-paisagismo/as-vantagens-e-desvantagens-dos-sistemas-de-irrigacao-para-gramados-e-jardins/> Acesso em: 28 dez. 2017.

Marouelli, W. A.; Andrade Júnior. A. S.; Braga, M B. Sistemas e Manejo de Irrigação. In: Lima, M. F. Cultura da Melancia. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2014. p.127-148.

Marouelli, W. A.; Sousa, V. F. Irrigação e fertirrigação. In: Sousa, V. F.; Marouelli, W. A.; Coelho, E. F.; Pinto, J. M.; Coelho Filho, M. A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.137-156.

Marouelli, W. A.; Oliveira, A. S.; Coelho, E. F.; Nogueira, L. C.; Sousa, V. F.; Manejo da água de irrigação In: Sousa, V. F.; Marouelli, W. A.; Coelho, E. F.; Pinto, J. M.; Coelho Filho, M. A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.157-232.

Mendonça, T. G.; Urbano, V. R.; Peres, J. G.; Souza, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. *Water Resources and Irrigation Management*, v.2, n.2, p.87-92, 2013.

Navroski, M. C, Araújo, M. M., Fior, C. S.; Cunha, F. S.; Berghetti, A. L P.; Pereira, M. O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.43, n.106, p.467-476, jun. 2015.

Pereira, P. A. A. In: Sousa, V. F.; Marouelli, W. A.; Coelho, E. F.; Pinto, J. M.; Coelho Filho, M. A. *Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças*. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.17.

Rosa, F.; Bordado, J. M.; Casquilho, M. *Polímeros Superabsorventes Potencialidades e aplicações*. Dossier Comunicações-Química. Lisboa: Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa, 2007. 3p.

Saad, J. C. C. Fundamentos e critérios para o manejo da irrigação. In: Salomão, L. C.; Sanches, L. V. C.; Saad, J. C. C.; Villas Boas, R. L. V.; *Manejo da irrigação: um guia para o uso racional da água*. 1.ed. Botucatu-SP: FEPAF, 2009. p.1-13.

Santos, S. R.; Pereira, G. M. Comportamento da alface americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.24, n.3, p.569-577, 2004.

Souza, L. O. C.; Mantovani, E. C.; Soares, A.; Ramos, M. M.; Freitas, P. S. L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.3, p.541–548, 2006.

2. OBJETIVOS

Geral

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes níveis de irrigação e de diferentes doses de solução hidrorretentora na produção de alface em ambiente protegido

Específicos

Avaliar o efeito da influência das doses de solução hidrorretentora no cultivo de alface em ambiente protegido.

Analisar as características agronômicas da alface crespa, cultivar Vanda, perante as condições experimentais.

Verificar o efeito da interação dos fatores níveis de irrigação e doses de solução hidrorretentora nas características produtivas da alface.

Estimar a produtividade da alface crespa, cultivar Vanda, para as diferentes condições impostas pelo experimento.

Determinar a eficiência de uso da água em função da produtividade estimada.

Indicar com base nos dados do experimento, o melhor nível de irrigação e a melhor dose de solução hidrorretentora.

Realizar publicação para contribuir com informações bibliográficas no meio científico.

3. CAPITULO I

Normas da Revista AGRIAMBI

NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E USO DE HIDRORRETENTOR NA PRODUÇÃO DE ALFACE EM AMBIENTE PROTEGIDO

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho estudar o comportamento da alface crespa, cultivar Vanda, sob efeito de diferentes níveis de irrigação e diferentes doses de solução hidrorretentora, em ambiente protegido. O experimento foi realizado na área experimental do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí-GO. Foi utilizado para o experimento o delineamento estatístico de blocos ao acaso em esquema fatorial (4x5), com parcela subdividida e quatro blocos, em que se utilizaram quatro níveis de irrigação (50, 75, 100 e 125%) da evaporação obtida diariamente pelo micrômetro de gancho e cinco doses de solução de hidrogel (0, 50, 100, 150 e 200 g). As variáveis analisadas, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, altura máxima de plantas, número de folhas, produtividade e eficiência do uso da água. O uso de solução hidrorretentora em alface crespa, cultivar Vanda, proporcionou aumento significativo em todos os parâmetros produtivos avaliados. Os níveis de irrigação utilizados influenciaram significativamente as variáveis de massa fresca da parte aérea, altura de planta, produtividade e eficiência no uso da água. A produtividade aumentou 18,42% para os níveis de irrigação utilizados, e os maiores valores estimados foram com a dose de solução hidrorretentora de 157,49 g (14,46 t.ha⁻¹).

Palavras-chaves: hidrogel, *Lactuca sativa* L., lâminas de irrigação

IRRIGATION LEVELS AND USE OF HYDRO RETAINER IN LETTUCE PRODUCTION UNDER PROTECTED ENVIRONMENT

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the crisp lettuce behavior, Vanda cultivar, under different irrigation levels and different doses of hydro retainer solution under protected environment. The experiment was carried out in the experimental area of Goiano Federal Institute, Urutaí Campus, Goiás State, (GO), Brazil. The experimental design was a randomized complete block in a 4x5 factorial scheme with split-plot and four blocks, four irrigation levels (50%, 75%, 100%, and 125%) obtained from the daily evaporation by the hook micrometer and five doses of hydrogel solution (0, 50, 100, 150, and 200 g). The variables analyzed were fresh mass from aerial part, dry mass from aerial part, maximum plant height, number of leaves, productivity, and efficient use of water. The use of a hydro retainer solution in crisp lettuce, Vanda cultivar, provided a significant increase in each evaluated productive parameter. The irrigation levels used had influenced significantly the fresh mass from aerial part, plant height, productivity, and efficient use of water. The productivity increased 18.42% in the irrigation levels used and the highest estimated values were presented in the dose of 157.49 g (14.46 t.ha⁻¹) hydro retainer solution.

Keywords: Hydrogel, *Lactuca sativa* L., Irrigation blades

3.1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família *Asteraceae*, caracterizando-se por ser uma planta anual, é uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil e no mundo. Originária de clima temperado, boa parte das cultivares de alface desenvolvem-se bem em climas amenos, principalmente na fase de crescimento vegetativo. Temperaturas mais elevadas aceleram o ciclo da cultura e dependendo do genótipo, pode resultar em plantas menores em função do pendoamento precoce (Henz & Suinaga, 2009).

Entretanto, existe no mercado atual, cultivares de alface adaptadas a cultivos sob condições variadas, como é o caso da Vanda, do grupo crespa, que apresenta alta rusticidade e produtividade mesmo quando exposta a cultivos tropicais (Sakata Seed Sudamerica, 2018).

Segundo Suinaga et al. (2013), o segmento de variedades predominante no Brasil é o da alface crespa, que é responsável por aproximadamente 65% de

participação do mercado. Em seguida, estão as variedades do tipo americana (20%), do tipo lisa (10%) e os demais 5% restantes estão com os grupos dos tipos coloridos, extra *frizz*, romana etc.

De acordo com o relatório anual da CEASA-GO (2017), em 2016 foram comercializadas 1.479,86 toneladas de alface na Central de Goiânia, gerando um movimento de R\$ 3.065.805,99. Segundo esse levantamento, 97,11% desse produto, é referente à produção no próprio Estado.

A reposição de água ao solo, via sistemas de irrigação, é um fator decisivo para o sucesso da horticultura, desde que aplicada na quantidade certa e no momento oportuno. Em geral, o desenvolvimento das hortaliças é muito influenciado pelas condições de umidade do solo. Na maioria das vezes, a deficiência de água é o fator mais limitante para a obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade. Por outro lado, o excesso de água também pode ser prejudicial aos cultivos (Marouelli & Silva, 1996).

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido é uma técnica que vem ganhando espaço entre os produtores. A alface assume cada vez mais importância, sendo uma das olerícolas mais cultivadas nesse sistema, devido, principalmente, a fatores como as condições climáticas, proteção às plantas e viabilidade de cultivo, tornando possível a produção em diferentes épocas do ano e, conseqüentemente, conseguindo melhores preços no mercado (Salomão, 2012).

Essa mesma literatura enfatiza que aplicar a lâmina de água no momento adequado e na quantidade necessária é de fundamental importância para o êxito do empreendimento agrícola irrigado. Para isso, faz-se necessário adotar técnicas de manejo de irrigação que auxiliem na melhor tomada de decisão, especialmente ao adequado manejo de irrigação.

A aplicação adequada da lâmina de irrigação promove um ganho em produtividade e qualidade final do produto (Silva & Queiroz, 2013). Tendo em vista que a água é um bem necessário e a cada dia mais escasso, cria-se a necessidade de buscar formas mais eficientes de seu uso. Nesse sentido, apresenta-se o hidrogel, em que segundo Mendonça et al. (2015), se caracteriza por ser um material capaz de reter grandes volumes de água sem se dissolver, podendo armazenar centenas de vezes o seu peso em água, a qual é liberada de forma gradual para as plantas, o que abre possibilidade de aumento no intervalo entre as irrigações.

A possibilidade de utilização de hidrogel como auxílio do manejo de irrigação para diversas culturas pode apresentar uma série de vantagens, entre elas destacam-se aumento da retenção de água no solo, redução da percolação, lixiviação, aeração do solo, melhoria na capacidade de troca catiônica e maior disponibilidade de água para as plantas.

Um dos principais problemas na utilização de hidrogéis na olericultura pode estar associado ao manejo incorreto dessa técnica, sobretudo devido à falta de informações. Isso devido à própria recomendação do fabricante que é escassa para grande variedade de cultivares encontrada no mercado, apresentando informações que podem ser consideradas empíricas, principalmente no que diz respeito à olericultura, havendo a necessidade de estudos que visem fornecer informações pertinentes para sua utilização, em diferentes culturas e sistemas de produção. Neste aspecto, a adoção dessa técnica pode resultar que a prática se adiante à investigação, resultando o surgimento de problemas.

Desta forma, com este trabalho de pesquisa, objetivou-se estudar o comportamento da alface crespa, cultivar Vanda, sob o efeito de diferentes níveis de irrigação e diferentes doses de solução hidrorretentora, em ambiente protegido.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Unidade Educacional de Produção (UEP) de Olericultura do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí-GO, localizado na Fazenda Palmital – Rodovia Geraldo Silva Nascimento km 2,5, Zona Rural, município de Urutaí, Estado de Goiás, cujas coordenadas geográficas são 17°29'10" S de latitude, 48°12'38" O de longitude e 697 m de altitude. O clima da região é classificado como tropical de altitude, com inverno seco e verão chuvoso, do tipo Cwb pela classificação de Köppen. A temperatura média é de 23°C, podendo atingir, ao longo do ano, valores inferiores a 15°C e a máxima de 30°C, com precipitação média entre 1000 e 1500 mm e umidade relativa média do ar de 71%.

O solo da área experimental foi classificado como latossolo vermelho-amarelo distrófico (Santos et al. (2013), com textura Franco Argilo Arenoso, tendo as características químicas e físicas apresentadas na Tabela 1 e na Tabela 2, respectivamente. Para obtenção do solo para análises, foram coletadas seis amostras no

interior do ambiente protegido de 0-20 cm, as quais foram homogeneizadas, dando origem a uma amostra composta representativa da área.

Tabela 1. Resultados da Análise química de solo (0-20 cm profundidade) do Ambiente Protegido 1 do campo experimental Urutai - GO, 2017

Ca	Mg	Al	H+Al	K	K	P (Melich)	S	V	CTC
cmolc/dm ³				mg/dm ³			%		
7,5	1	0	1,5	0,91	193,5	1335	15	85,79	10,59
M.O.	pH	Na	Co	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Mo
g/dm ³		mg/dm ³							
21	5,8	22,1	-	82	0,4	6,5	112,5	79,3	-

Fonte: Laboratório de análise de solos SOLOCRIA- Goiânia.

Tabela 2. Resultados da Análise física de solo (0-20 cm profundidade) do Ambiente Protegido 1 do campo experimental Urutai - GO, 2017

Camada	Areia Grossa	Areia fina	Argila	Silte	Textura do solo
Cm	g kg ⁻¹				
0-20	277	286	256	181	Franco Argilo Arenoso

Fonte: Laboratório de análise de solos SOLOCRIA-Goiânia.

O experimento foi realizado entre os meses de dezembro de 2017 a janeiro de 2018, sendo conduzido em ambiente protegido, do tipo arco simples, orientação Leste-Oeste, com dimensões de 7 m de largura por 30 m de comprimento, coberto com filme plástico seletivo Suncover AV Blue ®. Utilizou-se um sistema de irrigação localizado por gotejamento, adotando uma linha lateral para duas linhas de plantas, com emissores espaçados entre si a 0,2 m e vazão de 1,5 L h⁻¹ a uma pressão de serviço de 10 m.c.a. O sistema de bombeamento foi composto por conjunto motobomba de 1 cv. Em seguida, usou-se um filtro de disco de 120 mesh, registros e manômetro. Para controle dos níveis de irrigação, foram instalados dois registros para cada nível.

Foi utilizado para o experimento o delineamento estatístico de blocos ao acaso, em esquema fatorial (4x5), com parcela subdividida e quatro blocos, em que se utilizou quatro níveis de irrigação (50, 75, 100 e 125%) da evaporação obtida diariamente, junto ao tanque Classe A e cinco doses de solução de hidrogel (0, 50, 100, 150 e 200 g). Nesse esquema, cada nível corresponde a uma parcela e, cada dose, a uma subparcela, assim como ilustrado na Figura 1. Os níveis de irrigação foram calculados em função do requerido pela cultura, baseando-se na evaporação de água diária do Tanque Classe A, instalado no interior do ambiente protegido, adotando-se, neste experimento, turno de rega de um dia.

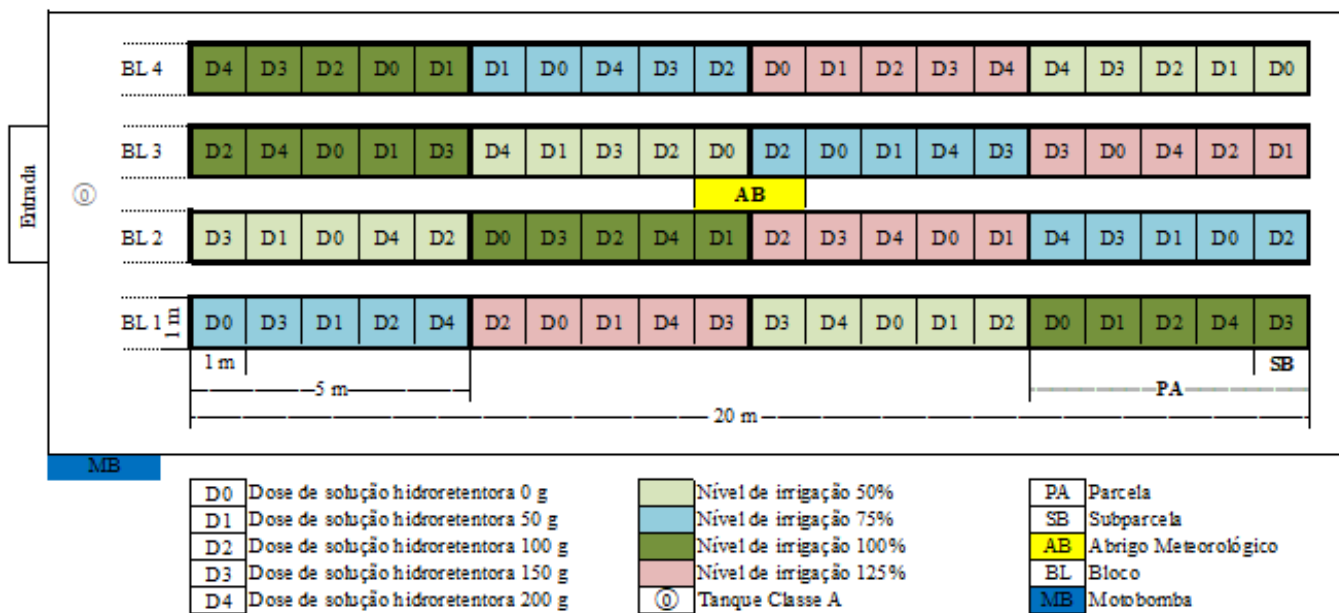


Figura 1. Layout do da distribuição do experimento

No preparo da solução, foram diluídos 100g do hidrogel Forth Gel® em 10 litros de água, deixados em repouso para hidratação durante 15 minutos, conforme fabricante. Para a realização do transplante, foram abertas pequenas covas na superfície dos canteiros, onde foram depositadas as respectivas doses da solução (Figura 2). Cobriu-se o material com solo e a muda foi inserida nessa faixa, acima do hidrogel.

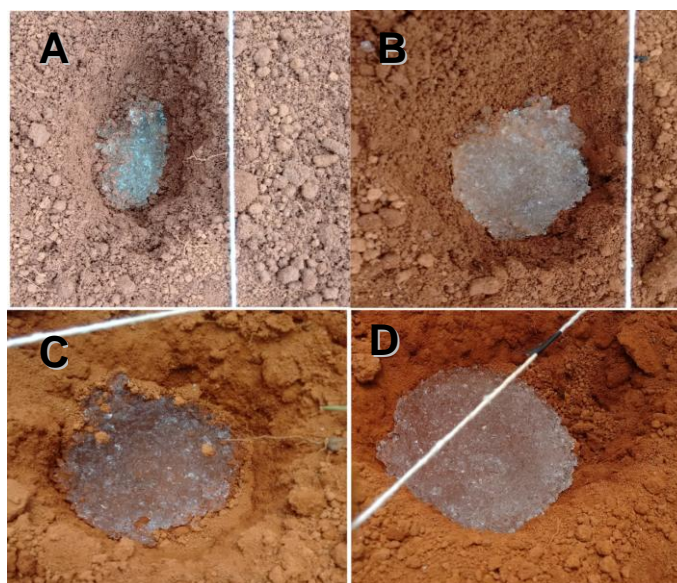


Figura 2. Covas abertas na superfície dos canteiros com 50 g, 100 g, 150 g e 200 g de solução hidrorretentora em (A), (B), (C) e (D) respectivamente

Utilizou-se um espaçamento de 0,25 x 0,25 m entre linhas e entre plantas. Para cada dose (subparcela), teve-se o equivalente a 16 plantas, sendo apenas as quatro centrais tidas como úteis para as análises. Assim, cada subparcela era constituída de 16 plantas, cada parcela 80 plantas, cada bloco 320 plantas, totalizando 1280 plantas utilizadas no experimento. Os canteiros possuíam 1 m de largura por 20 m de comprimento, com 0,5 m entre canteiros.

O preparo do solo foi realizado com aração mecanizada, por meio de um microtrator (Tobata). Posteriormente, os canteiros foram confeccionados manualmente com o auxílio de enxadas.

A adubação de plantio e cobertura foram realizadas por intermédio da fertirrigação que, segundo Yuri et al. (2016), é uma prática muito adotada atualmente para esse sistema de cultivo, seguindo as recomendações de Trani (2014). Esse manejo foi realizado por meio de sistema de pressão negativa que, para Almeida et al (2011), é um dos possíveis sistemas de injeção de fertilizantes no uso da fertirrigação. Essa operação foi realizada em intervalo semanal.

As mudas foram adquiridas de viveiro comercial com idade de 30 dias pós-emergência. A cultivar utilizada foi a Vanda que, de acordo com Sakata (2018), se trata de uma cultivar com ciclo precoce, podendo chegar a ser colhida com 55 dias, possui folhas grandes, sistema radicular vigoroso, alta resistência à queima dos bordos e ao vírus do mosaico da alface (*Lettuce mosaic virus*, LMV-II).

A Evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida a partir da evaporação do tanque (EV), em que se utilizou um Tanque Classe A, montado sobre estrado de madeira pintado de branco, a 0,15 m do solo, instalado no interior do ambiente protegido. As medições de EV foram realizadas com parafuso micrométrico com precisão de 0,02mm. As irrigações tiveram um turno de rega fixo de um dia e eram realizadas no início da manhã (8h), a diferenciação entre os tratamentos de lâminas de irrigação se deu a partir do 10º dia após o transplante (DAT). Os níveis de irrigação foram calculados em função dos dados da EV do Tanque Classe A e, para o cálculo do tempo de irrigação, utilizou-se a metodologia apresentada por Santos et al. (2004).

O coeficiente da cultura (K_c) utilizado foi determinado de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura, assim como ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3. Coeficiente da cultura (Kc) para as fases de desenvolvimento da alface (Adaptado de Trani et al. 2011)

Fases	Kc
I	0,85
II	0,90
III	1,00
IV	0,95

Para se calcular a uniformidade de aplicação, utilizou-se um kit de precipitação, cujos coletores possuíam as dimensões de 8 cm de diâmetro e 10,2 cm de altura, sendo que o cálculo da vazão foi realizado pelo método volumétrico de acordo com Salomão (2008). A uniformidade do sistema de irrigação foi determinada a partir de uma adaptação da metodologia de Denículi et al. (1980), apresentando uniformidade de distribuição de água de 97%.

No centro do ambiente protegido, instalou-se um abrigo meteorológico, confeccionado em madeira, pintado na cor branca e posicionado e instalado a uma altura de 1,5 m. Foi instalado nesse abrigo um termo higrômetro digital, em que eram realizadas diariamente as leituras de temperaturas máximas e mínimas e umidades relativas máximas e mínimas. A partir desses dados, foram calculados os valores médios diários para todo o período do experimento.

Quando necessário, foram realizadas capinas manuais para controlar plantas daninhas como: caruru (*Amaranthus viridis* L), tiririca (*Cyperus rotundus*), beldroega (*Portulaca oleracea*), capim colchão (*Digitaria horizontalis*) e brachiaria (*Brachiaria Ruziziensis*). Periodicamente, realizou-se vistorias a fim de detectar possíveis pragas e doenças no período de cultivo. Entretanto, não foram constatados problemas fitossanitários.

A colheita foi realizada aos 29 dias após o transplante (DAT), sendo esse o ponto em que as plantas atingiram o máximo desenvolvimento vegetativo, assim como descrito por Trani et al. (2014). Para cada subparcela (16 plantas), foram colhidas as quatro plantas centrais (plantas úteis), sendo a parte aérea pesada e colocada em sacos de papel Kraft, devidamente identificados e levados para o laboratório de Fitotecnia do IF Goaino-Campus Urutaí, onde foram colocados em uma estufa com renovação de ar e circulação forçada a 65°C, até atingirem massa constante.

Neste experimento, analisou-se as variáveis de massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) com uma balança digital com precisão de 0,01g; altura máxima de plantas (H) com uma régua graduada em mm e número de

folhas (NF); produtividade (PRO), considerando uma população de 96000 plantas por hectare; eficiência do uso da água (EUA) determinada em função da produtividade e das respectivas lâminas dos tratamentos expressa; umidade gravimétrica do solo (UG) da camada de 0-20cm do solo, foi realizada assim como a metodologia proposta por Donagema et al. (2011).

Foi realizada uma análise exploratória de todos os dados, com os testes de Lilliefors, para verificar a distribuição normal e o teste de Bartlett homogeneidade no software estatístico ASSISTAT. Segundo os resultados dos testes, os dados de todas as variáveis apresentaram distribuição normal e homogênea. Em sequência, realizou-se a análise de variância (ANOVA), e para os resultados que apresentaram significância, realizou-se a análise de regressão em função dos níveis de irrigação e das doses de hidrogel, definindo o melhor ajuste, segundo combinação de significância a 5% e maior coeficiente de determinação, utilizando o software estatístico SISVAR.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas máximas, mínimas e médias do ar, registradas durante a condução do experimento, no interior do ambiente protegido, estão expressas na Figura 3. Para esse período, as temperaturas máximas oscilaram entre 25°C e 36,8°C, as mínimas se mantiveram na faixa entre 17,3°C a 21,7°C e a temperatura média geral foi de 26,46°C. De forma geral, para a localidade e época do ano, os valores de temperatura encontrados foram baixos. Esses resultados podem ser atribuídos ao filme plástico seletivo utilizado na cobertura do ambiente protegido, Suncover AV Blue®, que é um plástico azul composto por cinco camadas, com capacidade de selecionar os comprimentos de ondas da radiação e, dessa forma, reduzir a temperatura interna do ambiente.

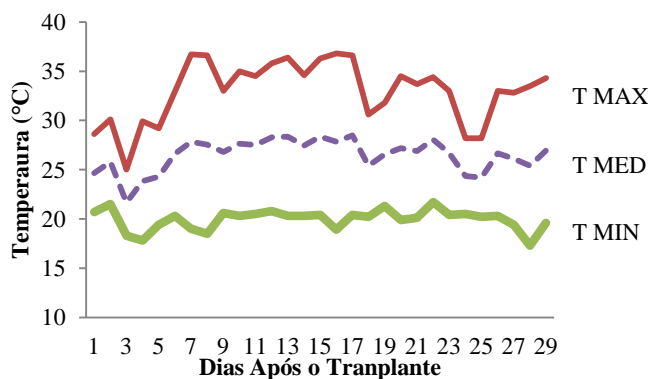


Figura 3. Temperaturas do ar no interior do ambiente protegido

De acordo com Trani et al. (2014), as temperaturas mais adequadas para a cultura situam-se entre 15°C e 20°C. Entretanto, de acordo com Filgueira (2008), ao longo dos anos, melhoristas desenvolveram cultivares adaptadas às épocas de primavera e verão, resistentes ao pendoamento precoce. Segundo Filgueira (1982), a temperatura mínima do ar tolerada pela alface é de 6°C e a máxima é de 30°C.

Para a umidade relativa (UR) média do ar, constatou-se, no período do experimento, o valor de 69,18%, sendo que os valores extremos ficaram entre 59% e 83,5%, assim como ilustrado na Figura 4. Observando os dados de temperaturas e umidade relativa do ar, é possível constatar que, nas ocasiões em que se têm temperaturas mais altas, a umidade relativa do ar possui valores menores. Isso ilustra que existe uma relação entre esses dois fatores de caráter inversamente proporcional.

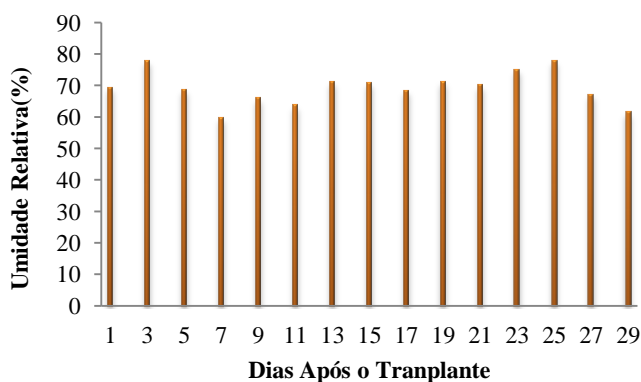


Figura 4. Umidade relativa média do ar no interior do ambiente protegido

As umidades gravimétricas (U_g) do solo referentes às doses de solução hidrorretentora 0g, 50g, 100g, 150g e 200g são, respectivamente, 15,43%, 15,33%,

16,22%, 17,47% e 17,61%. Para os níveis de irrigação 50%, 75%, 100% e 125%, as médias de Ug foram 15,78%, 15,82%, 16,55% e 17,33%, respectivamente. De acordo com os resultados das médias encontradas, observa-se que existe um acréscimo na porcentagem de umidade, tanto com o aumento da dose de solução hidrorretentora, quanto com o aumento do nível de irrigação.

Dados similares foram observados por Mendonça et al. (2015), os quais apontam que, em um solo com a presença de hidrogel, 300 gramas de solução por cova (diluição 4 g.L⁻¹), a umidade contida nele era maior em relação ao solo sem o hidrogel. Nesse experimento, a presença de hidrogel também promoveu aumento da Ug quando se utilizou uma dose igual ou superior a 100g por planta.

Os níveis de irrigação utilizados no cultivo de alface apresentaram efeito significativo, ($p < 0,05$), para as variáveis MFPA, H e PRO e, ($p < 0,01$), para a variável EUA, enquanto que o fator dose de hidrorretentor apresentou resposta significativa, ($p < 0,01$), para todas as variáveis. Não houve interação entre o fator nível de irrigação e o fator dose de solução hidrorretentora ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da ANAVA para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), número de folhas (NF), altura máxima de plantas (H), produtividade (PRO) e eficiência do uso da água (EUA) da alface submetida a quatro níveis de irrigação e a cinco doses de solução hidrorretentora em ambiente protegido.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio					
		MFPA	MSPA	NF	H	PRO	EUA
Bloco	3	417,57 ^{ns}	11,61 ^{**}	7,52 ^{ns}	13,91 ^{ns}	3,70 ^{ns}	738,61 ^{ns}
Níveis	3	3637,31 [*]	2,98 ^{ns}	14,37 ^{ns}	29,62 [*]	33,70 [*]	13051,94 ^{**}
Resíduo a	9	591,33	1,48	3,77	6,39	5,49	1076,83
Dose	4	4047,52 ^{**}	10,31 ^{**}	17,85 ^{**}	25,02 ^{**}	37,50 ^{**}	7265,45 ^{**}
Níveis*Dose	12	411,78 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,68 ^{ns}	1,50 ^{ns}	3,76 ^{ns}	779,38 ^{ns}
Resíduo b	48	280	0,57 ^{ns}	1,32	1,66	5,57	484,94
CV a (%)	17,65	17,65	15,48	13,56	13,08	17,72	17,77
CV b (%)	12,15	12,15	9,33	8,04	6,66	12,11	11,92
		Médias					
Níveis de irrigação		G	un	cm	t.ha ⁻¹	Kg.ha ⁻¹ .mm ⁻¹	
50		123,25	7,79	13,91	18,00	11,83	216,37
75		129,51	7,80	14,01	18,56	12,44	185,56
100		151,20	8,45	15,59	20,44	14,53	182,97
125		147,06	8,48	13,78	20,25	14,12	153,86
		Médias					
Doses		G	un	cm	t.ha ⁻¹	Kg.ha ⁻¹ .mm ⁻¹	
0		112,54	6,88	12,77	17,49	10,80	150,38
50		131,32	7,75	13,74	18,62	12,61	177,59
100		147,80	8,69	15,38	19,77	14,19	196,10

150	148,85	8,62	14,84	20,59	14,31	201,73
200	148,29	8,70	14,89	20,09	14,24	197,66

CV-Coefficiente de variação; ns, * e ** valores não significativos, significativos a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

O fato de não ter sido verificada significância entre os fatores de níveis de irrigação e uso de solução hidrorretentora, está alinhado ao encontrado por outros autores da mesma área. Lima et al. (2003), trabalhando com diferentes lâminas de irrigação e doses de polímero hidroabsorvente na produção de mudas de café, tiveram resultados similares, assim como Fernandes et al. (2015), no crescimento de plântulas de maracujá, sob o efeito de lâminas e uso de hidrogel.

Azambuja et al. (2015), avaliando o uso de hidrogel e doses de nitrogênio, também não obtiveram efeito significativo da interação dos fatores estudados para nenhum dos parâmetros avaliados. Dessa maneira, os resultados deste trabalho foram apresentados, expondo os fatores separadamente, ou seja, cada variável foi ilustrada dentro de cada fator, em função dos níveis de irrigação e do uso de solução hidrorretentora.

Os dados referentes aos valores acumulados de lâminas obtidos no período experimental, para cada nível de irrigação utilizado, estão dispostos na Tabela 5, na qual pode ser observado que, para a reposição de 100% da evaporação do tanque (EV), a lâmina total utilizada foi de 79,39 mm.

Tabela 5. Lâminas acumuladas para cada nível de irrigação utilizado no cultivo de alface em ambiente protegido.

Nível de irrigação	Lâmina total
%	Mm
50	54,68
75	67,03
100	79,39
125	91,75

Esses resultados de lâmina acumulada, obtidos nesta pesquisa, são inferiores aos encontrados na literatura. Valeriano et al. (2016), com uma reposição de 100% da EV, utilizaram uma lâmina de 123,52 mm, em um cultivo de alface com ciclo de 66 DAT. Para Silva & Queiroz (2013), a lâmina correspondente a 100% de reposição da EV, em ambiente protegido, foi de 121,19 mm, com colheita aos 45 DAT.

O comportamento de lâminas inferiores acumuladas, obtidas neste trabalho, pode ser explicado, visto que o período de condução do experimento foi muito inferior

aos demais trabalhos, sendo apenas de 29 DAT. Fato esse ocorrido devido à alta precocidade da cultivar de alface crespa utilizada. Outro ponto importante a se destacar é a grande variação de temperatura observada ao longo do experimento, tendo início com temperaturas baixas. Esse comportamento pode ter acelerado seu crescimento, além do material genético já favorecer a precocidade.

Os valores de MFPA apresentaram resposta linear em função dos níveis de irrigação e resposta quadrática em função das doses de solução hidrorretentora (Figura 5). Pelo estudo da regressão, verificou-se um acréscimo de 18,40% da MFPA comparando os níveis de irrigação de 50% e 125%.

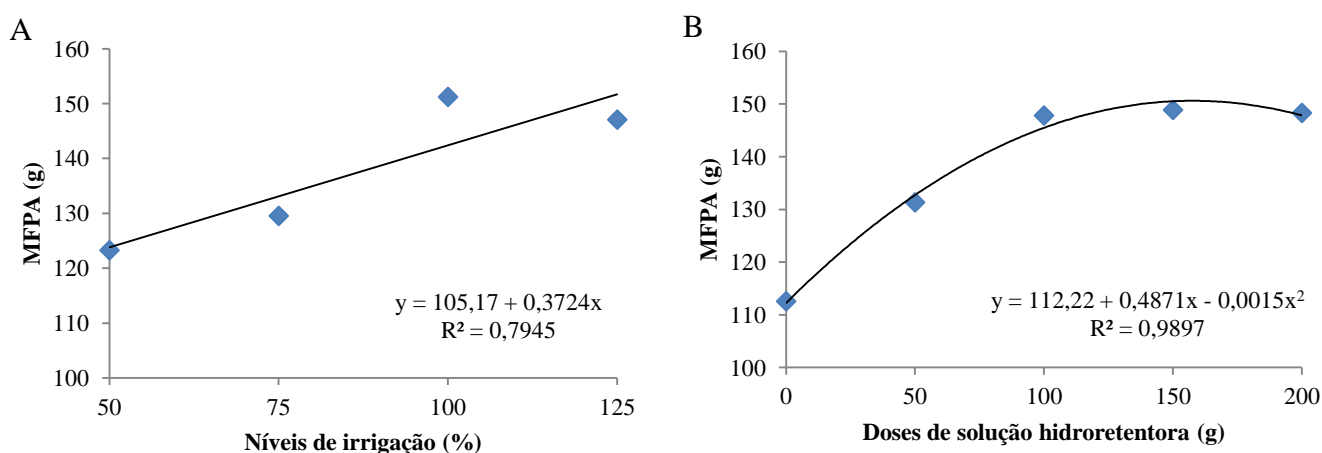


Figura 5. Massa fresca da parte aérea (MFPA) para diferentes níveis de irrigação (A) e doses de solução hidrorretentora (B) no cultivo de alface em ambiente protegido.

Esses dados corroboram os resultados encontrados por Valeriano et al. (2016), os quais também observaram diferenças significativas entre diferentes níveis de irrigação no cultivo de alface. Havendo, entretanto, um comportamento quadrático na linha de tendência, tendo como ponto máximo de eficiência para essa variável o valor de 94% da evapotranspiração da cultura (ETc).

Vilas Boas et al. (2007) verificaram que duas cultivares de alface crespa (Verônica e Hortência) responderam de maneira similar a diferentes reposições de água, sendo que houve o acréscimo no valor de massa fresca total da parte aérea, até a reposição de 125,8%.

Quanto à utilização de hidrogel, para a variável MFPA, verificou-se que as plantas de alface atingiram o máximo valor, 150,62 g, com a dose de 157,64g, um acréscimo de 34,21% em relação à dose 0 (Tabela 05). Santos et al. (2015), trabalhando com quatro doses de (0, 8, 16 e 24g), no cultivo de alface em vaso, com solo arenoso,

verificaram que as plantas cultivadas sob a dose de 16 g de hidrogel por vaso apresentaram superioridade em massa fresca e massa seca da parte aérea, sendo que na dose de 24 g os resultados caíram.

Essa característica quadrática apresentada no trabalho desses autores, também observada neste trabalho, para as variáveis MFPA (Figura 5) e MSPA (Figura 6), pode ter ocorrido pelo acúmulo de umidade no solo, pois, segundo Nobre et al. (2009), um elevado conteúdo de água no solo, influencia de maneira negativa no acúmulo de fitomassa na cultura da alface.

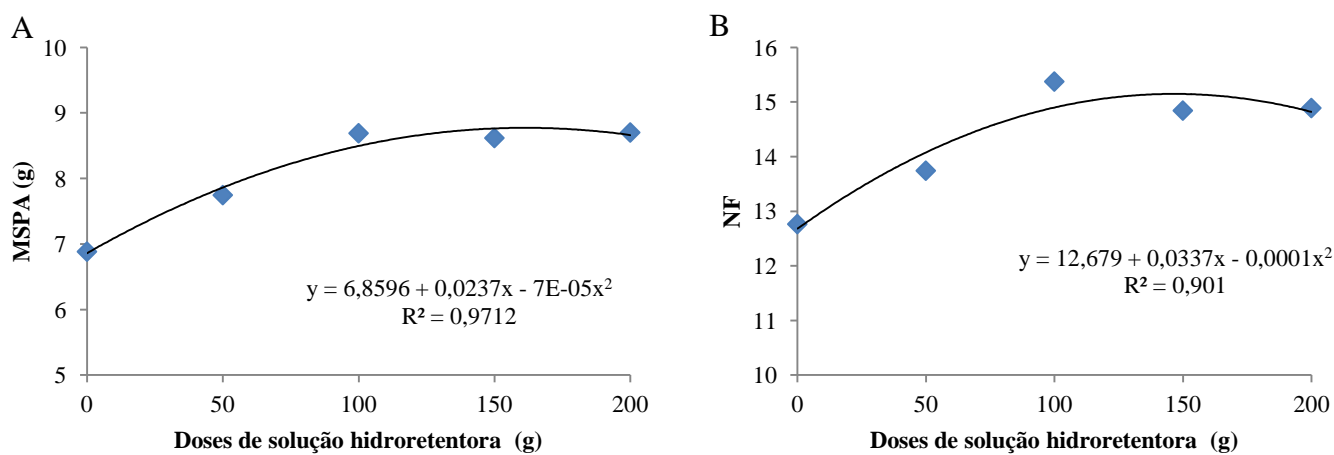


Figura 6. Massa seca parte aérea (MSPA) em (A) e número de folhas (NF) em (B) para diferentes doses de solução hidroretentora no cultivo de alface em ambiente protegido.

O maior valor de MSPA, 8,76 g, foi estimado na dose de 160,26g de solução, resultando em um incremento de 27,70% dessa variável em relação à dose 0. Para o NF (Figura 6), os resultados também apresentaram ajuste com linha de tendência quadrática em relação às doses de hidrorredentor utilizadas. A dose estimada de 146,52 g de solução hidroretentora gerou um acréscimo de 19,47% do NF em relação à dose 0 g.

Marques & Bastos (2010), trabalhando com produção de mudas de pimentão, verificaram um ajuste linear positivo do número de folhas com aumento das doses de hidrogel e, conseqüentemente, maior produção de massa seca da parte aérea, a qual também demonstrou um comportamento positivo linear em função das doses de hidrogel utilizadas. Esses autores concluem que o uso de hidrogel proporciona a produção de uma muda de melhor qualidade e com melhor aproveitamento da água de irrigação.

Para os valores de H (Figura 7), obteve-se resposta linear e quadrática para os fatores níveis de irrigação e doses de hidrorretentor, respectivamente. Comparando os

níveis de irrigação de 50% e 125%, verificou-se um acréscimo de 12,55% da H de plantas.

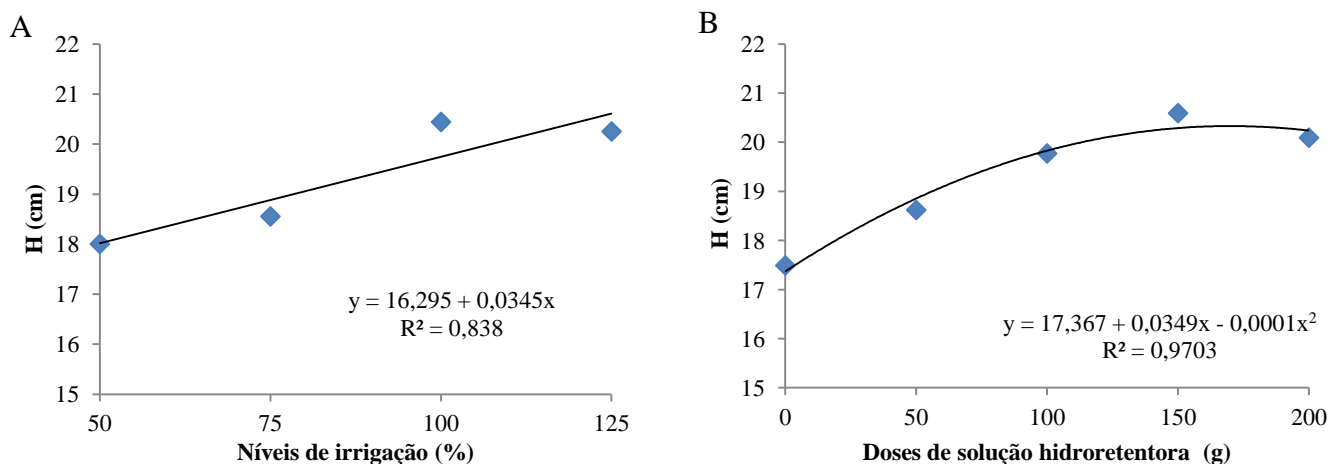


Figura 7. Altura máxima de planta (H) para diferentes níveis de irrigação (A) e doses de solução hidroretentora (B) no cultivo de alface em ambiente protegido.

Para doses, a equação de regressão demonstrou que sob a dose de 169,25 g, H atingiu o valor máximo de 20,31 cm, aumento de 16,99% em relação à dose 0. Azambuja et al. (2015) também verificaram maior altura de plantas de abobrinha Caserta quando realizaram a aplicação de hidrogel, por ocasião do semeadura.

O modelo de regressão linear também foi o que melhor se ajustou para a variável PRO, para o fator níveis de irrigação e para o fator doses de solução, o modelo adequado foi o quadrático (Figura 8).

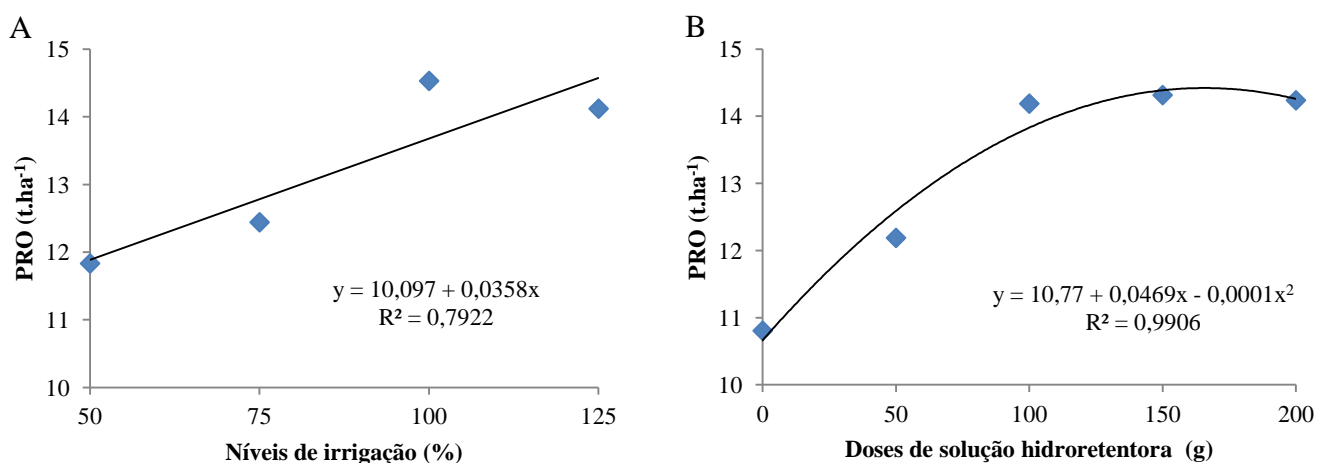


Figura 8. Produtividade (PRO) para diferentes níveis de irrigação (A) e doses de solução hidroretentora (B) no cultivo de alface em ambiente protegido.

Para a PRO, o comparativo dos níveis de irrigação de 50% e 125% demonstrou um acréscimo de 18,42%. O ponto de expressão máxima do fator dose foi alcançado com uso de 157,49 g do hidrorretentor, gerando uma PRO de 14,46 t.ha⁻¹, acréscimo de 34.31% em relação à média obtida com a dose 0.

O comportamento linear crescente da produtividade de alface, em função de níveis de irrigação, foi observado também por Araujo et al. (2010), que em um trabalho com alface, em ambiente protegido, do grupo crespa, cultivar Verônica, em Boa Vista-RO, alcançaram um rendimento de 17,35 t.ha⁻¹, com um nível de 120% da evaporação do Tanque Classe A. Segundo esses autores, a baixa produtividade está relacionada às condições climáticas locais, com valor médio de temperatura de 31,9°C.

Para outros autores (Andrade Junior & Kla 1997; Vilas Boas et al., 2008; Lima Junior et al., 2010), o comportamento obtido da produtividade de alface, em função de níveis ou lâminas de irrigação, foi quadrático, contudo, alcançaram resultados diferentes para o valor máximo de nível aplicado. Lima Junior et al. (2012) apresentam que, com um fator de reposição de 95% da evaporação do Tanque Classe A, obtiveram a máxima produtividade para alface americana.

A variável EUA apresentou resposta linear e quadrática, respectivamente, para os fatores níveis de irrigação e doses de hidrorretentor (Figura 9). Segundo a equação da regressão, houve um decréscimo de 26,75% da EUA quando comparado os níveis de irrigação de 50% e 125%. De acordo com a regressão obtida para a variável EUA em função das doses de hidrorretentor aplicadas, verificou-se que as plantas de alface atingiram o máximo valor de EUA, 200,96 Kg.ha.mm⁻¹, com a dose de 151,93g da solução hidrorretentora. Um acréscimo, de acordo com a equação da regressão de 33,81%, em relação à dose 0.

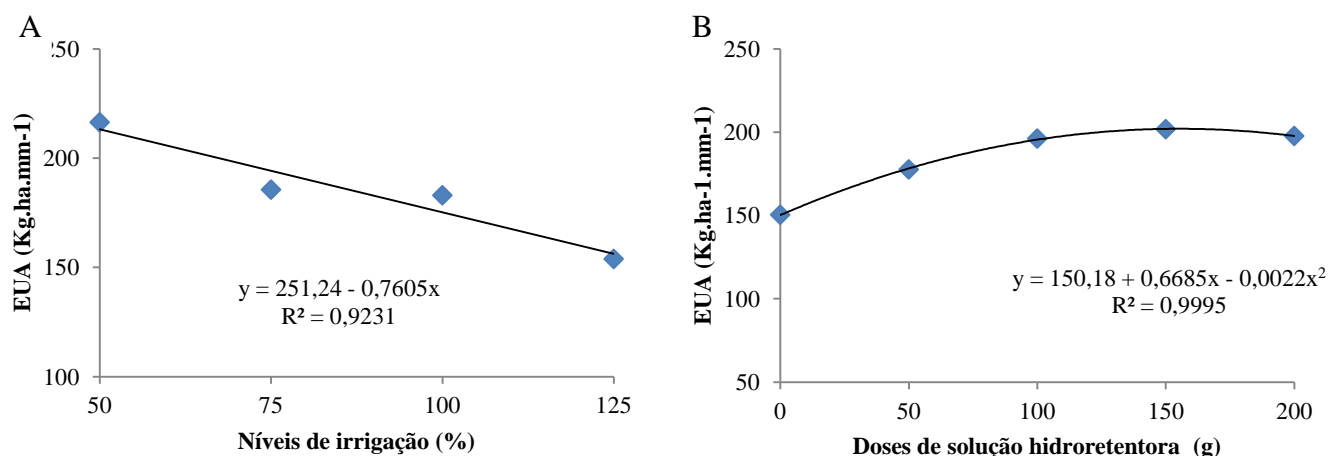


Figura 9. Eficiência do uso da água (EUA) para diferentes níveis de irrigação (A) e doses de solução hidroretentora (B) no cultivo de alface em ambiente protegido.

Valeriano et al. (2016) encontraram resultados semelhantes para essa variável, tendo sido observada resposta linear decrescente da EUA, com aumento das lâminas de irrigação. Segundo os autores, o tratamento que se mostrou mais eficiente foi aquele cuja lâmina de irrigação correspondeu a 60% da ETC, gerando conservação aproximada de $1,8 \text{ g.mm}^{-1}$. Concordando com os resultados, Lima Junior et al. (2010) descrevem, para a EUA no cultivo de alface, uma linha de tendência linear decrescente, com seus maiores valores para as menores lâminas.

Oliveira et al. (2014) também verificaram diferença significativa na EUA, em relação ao uso de hidrogel no cultivo de alface, por meio de irrigação com manejo por monitoramento de umidade do solo. Os autores constataram que houve uma economia de água de 14,9% para o tratamento que continha 200 g m^{-2} de hidrogel em relação ao tratamento sem hidrogel.

Tais características mostram que as propriedades do hidrogel de condicionador de solo refletiram em mais retenção de água no solo, diminuindo as perdas por percolação e por evaporação, mantendo, assim, o solo com mais umidade e permitindo que as plantas se desenvolvam, utilizando a água com mais eficiência.

3.4. CONCLUSÕES

O uso de solução hidroretentora em alface crespa, cultivar Vanda, proporcionou aumento significativo em todos os parâmetros produtivos avaliados.

Os níveis de irrigação utilizados influenciaram significativamente as variáveis MFPA, H, PRO, EUA.

A produtividade aumentou 18,42% para os níveis de irrigação utilizados e os maiores valores estimados foram com a dose de solução hidrorretentora de 157,49 g (14,46 t.ha⁻¹).

3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, O. A.; Sousa, V. F.; Rodrigues, B. H. N.; Santos, F. J. S. Métodos e equipamentos para fertirrigação. In: Sousa, V. F.; Marouelli, W. A.; Coelho, E. F.; Pinto, J. M.; Coelho Filho, M. A. Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças. 1.ed. Brasília: Embrapa, 2011. p. 137-156.

Andrade Júnior, A. S.; Klar, A. E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*lactuca sativa* L.) através do tanque classe A. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.54, n.1-2, 1997. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161997000100005>

Araújo, W. F.; Souza, K. T. S.; Viana, T. V. A.; Azevedo, B. M.; Oliveira, G. A. Rendimento e eficiência do uso da água pela alface em função da lâmina de irrigação. Revista Caatinga, Mossoró, v. 23, n. 4, p115-120, 2010.

Azambuja, L. O.; Benett, C. G. S.; Benett, K. S. S.; Costa, E. Produtividade da abobrinha ‘Caserta’ em função do nitrogênio e gel hidrorretentor. Científica, Jaboticabal, v.43, n.4, p.353-358, 2015. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2015v43n4p353-358>

CEASA-GO – Centrais de Abastecimento de Goiás S.A. Análise Conjuntural 2016, n.41. Goiânia-GO, 2017. p.21-176.

Denículi, W.; Bernardo, S.; Thiébaud, J. T. L.; Sedyama, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. Revista Ceres, Viçosa-MG, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

Donagema, G. K.; Campos, D. V. B.; Calderano, S. B.; Teixeira, W. G.; Viana, J. H. M.; Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

Fernandes, D. A.; Araújo, M. M. V.; Camili, E. C. Crescimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação e uso de hidrogel. Revista de Agricultura, v.90, n.3, p. 229-236, 2015.

Filgueira, F. A. R. Cichoriáceas: alface, chicórea e almeirão. In: Filgueira, F. A. R. (Ed.). Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. p.77-86.

Filgueira, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa, MG: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2008. 421 p.

Henz, G. P.; Suinaga, F. Tipos de alface cultivados no Brasil. Embrapa Hortaliças, 2009. 7p. (Circular Técnica, 75).

Lima Júnior, J. A.; Pereira, G. M.; Geisenhoff, L. O.; Vilas Boas, R. C.; Silva, W. G.; Silva, A. L. P. Produtividade da alface americana submetida a diferentes lâminas de

irrigação. *Semina: Ciências agrárias, Londrina-PR*, v. 33, p. 2681-2688, 2012. DOI: 10.5433/1679-0359.2012v33Supl1p2681.

Lima Júnior, J. A.; Pereira, G. M.; Geisenhoff, L. O.; Costa, G. G.; Vilas Boas, R. C.; Yuri, J. E. Efeito da irrigação sobre o rendimento produtivo da alface americana, em cultivo protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, n.8, p.797–803, 2010.

Lima, L. M. L.; Teodoro, R. E. F.; Fernandes, D. L.; Carvalho, H. P.; MENDONÇA, F. C.; Carvalho, J. O. M. Produção de mudas de café sob diferentes lâminas de irrigação e doses de um polímero hidroabsorvente. *Bioscience Journal, Uberlândia-MG*, v. 19, n. 3, p. 27-30, 2003.

Marouelli, W. A.; Silva, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. 4.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 72p.

Marques, P. A. A.; Bastos, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* v.3, n.2, mai-ago. 2010.

Mendonça, T. G.; Querido, D. C. M.; Sousa, C. F. Eficiência do polímero hidroabsorvente na manutenção da umidade do solo no cultivo de alface. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 9, n. 4, p. 239-245, 2015.

Nobre, R. G.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R.; Brito, M. E. B.; Silva, L. A. Crescimento da alface sob saturação temporal do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v.13, p.890–898, 2009.

Oliveira, G. Q.; Biscaro, G. A.; Jung, L. H.; Araújo, E. O.; Vieira Filho, P. S. Fertirrigação nitrogenada e níveis de hidrogel para a cultura da alface irrigada por gotejamento. *Engenharia na agricultura, Viçosa-MG*, v. 22, n. 5, set.-out.2014.

Sakata Seed Sudamerica. Vanda: Segurança em qualquer situação. Online, 2018. Disponível em: <http://www.sakata.com.br/produtos/hortalicas/folhosas/alface>. Acesso em: 02 jan. 2018.

Salomão, L. C. Calibração de tanques evaporímetros de baixo custo sob diferentes diâmetros em ambiente protegido. Botucatu: Unesp, 2012. 87p. Tese Doutorado.

Salomão, L. C. Uniformidade do sistema de irrigação. In: Souza. T. R.; Villas Boas, R. L.; Saad. J. C. C. Aspectos práticos da fertirrigação. Botucatu: FEPAF, 2008. Cap. 3, p.13-17.

Santos, H. T.; Carvalho, D. F.; Souza, C. F.; Medici, L. O. Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.35, n.5, p.852-862, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n5p852-862/2015>.

Santos, H. G. dos; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Oliveira, J. B. de; Coelho, M. R.; Lumbrreras, J. F.; Cunha, T. J. F. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 306p.

Santos, S. R.; Pereira, G. M. Comportamento da alface americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 24, n. 3, p. 569-577, 2004.

Silva, V. D. da; Queiroz, S. O. P. Manejo de água para produção de alface em ambiente protegido. *Irriga, Botucatu*, v. 18, n. 1, p. 184-199, 2013.

- Suinaga, F. A.; Boiteux, L. S.; Cabral, C. S.; Rodrigues, C. S. Efeitos do calor e fontes tolerância ao florescimento precoce em variedades de alface do tipo americana. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. 4p. (Comunicado Técnico, 88).
- Trani, P. E.; Tivelli, S. W. Carrijo, O, A. Fertirrigação em hortaliças. 2.ed.rev.atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2011. 51p. (Boletim Técnico IAC, 196).
- Trani, P. E.; Purqueiro, L. F. V.; Figueiredo, G. J. B.; Blat, S. F.; Costa, C. P. Alface. In: Aguiar, A. T. E.; Gonçalves, C. Paterniani. M. E. A. G. Z.; Tucci, M. L. S.; Castro, C. E. F. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7.ed.rev.atual. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. 452 p. (Boletim IAC, n.º 200).
- Valeriano, T. T. B.; Santana, M. J.; Oliveira, A. F. E., Machado, L. J. M. Alface americana cultivada em ambiente protegido submetida a doses de potássio e lâminas de irrigação. Irriga, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 620-630, jul.-set. 2016.
- Vilas Boas, R. C.; Carvalho, J. A.; Gomes, L. A. A.; Souza, K. J.; Rodrigues, R. C.; Souza, A. M. G. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, n. 4, p. 393-397, 2007.
- Vilas Boas, R. C.; Carvalho, J. A.; Gomes, L. A. A.; Souza, K. J.; Rodrigues, R. C.; Souza, A. M. G. Avaliação técnica e econômica da produção de duas cultivares de alface tipo crespa em função de lâminas de irrigação. Ciência e agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 2, p. 525-531, 2008.
- Yuri, J. E.; Mota, J. H.; Resende, G. M.; Souza, R. J. Nutrição e adubação ma cultura da alface. In: Prado, R. M.; Cecílio Filho, A. B. (Org.). 1.ed. Nutrição e Adubação de hortaliças. Jaboticabal: FCAV/CAPES, p. 559-577, 2016.