



JACKSON PRESLEY OLIVEIRA DA SILVA NEVES

**COMPORTAMENTO DA ALFACE TIPO AMERICANA,
CULTIVADA SOB AMBIENTE PROTEGIDO, SOB DIFERENTES
TIPOS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

INCONFIDENTES-MG

2012

JACKSON PRESLEY OLIVEIRA DA SILVA NEVES

**COMPORTAMENTO DA ALFACE TIPO AMERICANA,
CULTIVADA SOB AMBIENTE PROTEGIDO, SOB DIFERENTES
TIPOS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Miguel Angel Isaac Toledo del Pino

**INCONFIDENTES-MG
2012**

JACKSON PRESLEY OLIVEIRA DA SILVA NEVES

**COMPORTAMENTO DA ALFACE TIPO AMERICANA,
CULTIVADA SOB AMBIENTE PROTEGIDO, SOB DIFERENTES
TIPOS DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Data de aprovação: ____ de _____ 20 ____

**Orientador: Prof. Dr. Miguel Angel Isaac Toledo del Pino
IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes**

**Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Caldeira Ribeiro
IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes**

**Membro: Prof. Me. Carlos Magno de Lima
IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes**

DEDICATÓRIA

A meus pais Raimundo e Alzira por propiciar uma vida digna, acreditando que tudo é possível, desde que sejamos honestos e que desistir nunca e que sonhar e concretizar os sonhos só dependera da vontade própria.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a deus, pelo dom da vida e por esta ao meu lado, dando-me forças para lutar e superar grandes dificuldades da vida.

Aos meus pais, Raimundo O. das Neves e Alzira M. S. Neves, mesmo estando longe, me apoiam sempre nos bons e maus momentos, sempre com uma palavra amiga de motivação e conforto, me fazendo enxergar verdadeiro sentido de luta por um objetivo.

Aos meus irmãos Graciely O. S. Neves e Ewvis J. O. S. Neves e toda família pelos incentivos e por estarem ao meu lado até hoje.

Agradeço ao IFSULDEMINAS, câmpus Inconfidentes por darem a possibilidade de realizar este trabalho tão valioso e importante na minha vida profissional e pessoal.

A todos os professores principalmente ao Miguel que me ajudou a desenvolver esse tema, pelas horas que ele ficou na escola até tarde e, principalmente, pela dedicação e organização dele no trabalho.

Agradeço ao meu colega Raimundo Alves (raimundinho) por ter me ajudado na coleta de dados e na aplicação da lâmina d'água.

Aos funcionários do setor de olericultura, seu Dito, Gabriel, Zé Roberto pela boa vontade de ajudar a montar a estufa.

Ao coorientador Caldeira pelas dicas, e por ter aceitado o convite em fazer parte da banca para avaliação.

E todos aqueles que torceram por mim para que isso tornasse realidade.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1. ALFACE.....	11
2.2. IRRIGAÇÃO.....	12
2.3. NECESSIDADE HÍDRICA DAS CULTURAS EM AMBIENTES PROTEGIDOS	13
2.4. TANQUE CLASSE A.....	13
2.5. CAPACIDADE DE CAMPO.....	15
2.6. PONTO DE MURCHA PERMANENTE.....	15
2.7. IMPORTÂNCIA E MOVIMENTO DA ÁGUA NO SOLO E NAS PLANTAS	16
2.8. IRRIGAÇÃO DA ALFACE.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. CARACTERÍSTICA DO LOCAL.....	19
3.2. ÁREA EXPERIMENTAL.....	19
3.3. TRATAMENTOS.....	20
3.4. PARÂMETRO AVALIADO.....	22
3.5. ACOMPANHAMENTO DA CULTURA.....	23
3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. ÁREA FOLIAR.....	27
5. CONCLUSÕES.....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

Resumo

O objetivo desse estudo foi avaliar e quantificar a quantidade de água consumida na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), tipo americana por meio de diferentes tipos de lâmina de água a ser aplicada durante o ciclo da cultura. Foi montado um experimento em estufa com bancada, utilizando vasos para o cultivo da alface, utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado – DIC, com 4 tratamentos (0,75, 1,00, 1,25 e 1,50 da ET_0) com 5 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais (vasos). O controle da quantidade de água a ser aplicada foi por meio de tanque Classe A. Os resultados demonstraram que os tratamentos 1,00 e 1,25 da ET_0 apresentaram os melhores resultados. Considerando os custos de produção, sugere-se o tratamento 1,00 da ET_0 , pois implica em menor lâmina, economia de água, energia elétrica e mão de obra. Quanto ao crescimento da parte aérea da cultura, esta segue uma função polinomial de 3º grau, sugerindo possíveis mecanismos para manter o vigor e desenvolvimento da cultura.

Palavras-chaves: alface, irrigação, ambiente protegido.

Abstract

The aim of this study was to evaluate and quantify the amount of water consumed on lettuce (*Lactuca sativa* L.), American style through different types of water depth to be applied during the crop cycle. An experiment was set in a protected environment with workbench, using pots for growing lettuce, using a randomized design - DIC, with 4 treatments (0,75, 1,00, 1,25 and 1,50 of ET_0) with 5 repetitions, totaling 20 plots (pots). The control of the quantity of water to be applied is by tank Class A. The results showed that treatments of ET_0 1,00 and 1,25 showed the best results. Considering the costs of production, it is suggested that treatment of ET_0 1,00, it implies smaller blade, saving water, electricity and labor. As for shoot growth of culture, followed a polynomial function of 3rd. degree, suggesting possible mechanisms to maintain the vigor and crop development.

Key words: lettuce, irrigation, greenhouse

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais consumida no país, com um consumo médio de 41,0 kg/per capita/ano, estando entre as principais hortaliças cultivadas, ocupando a sexta posição na ordem econômica entre as mais produzidas no Brasil (Nadal et al., 1986). Os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais são os maiores produtores, sendo a região sul de Minas Gerais ocupa uma posição de destaque no cultivo dessa hortaliça, devido ao clima favorável e ao fato de estar próxima de dois grandes centros consumidores, Belo Horizonte e São Paulo (IBGE, 2006).

Os hábitos alimentares da população mostram que a alface, ao lado do tomate, é uma das hortaliças que se apresentam com frequência na mesa do brasileiro e a de fácil aquisição.

A alface é uma das espécies mais antigas, sendo citada desde 4.500 a.C. como planta medicinal e a partir de 2500 a.C. como hortaliça. As plantas de alface apresentam, principalmente na área externa, folhas de coloração verde escura, e que podem ter até trinta vezes mais pró-vitaminas que as folhas internas.

O cultivo da alface em ambiente protegido, além de uma ferramenta útil a aquisição de alta produção e de produtos de excelente qualidade, favorece um clima mais propício contra pragas e doenças, além de reduzir perdas por ocasião de chuvas ou geadas. Como o ambiente é protegido o uso da irrigação é imprescindível, sendo que o manejo adequado da irrigação atende as necessidades hídricas da cultura, pode minimizar doenças, reduzir a lixiviação de nutrientes, bem como racionalizar gastos com água e energia elétrica.

Devido à importância dos cultivos olerícolas em ambientes protegidos, ainda são insuficientes os resultados de pesquisa que subsidiem o aproveitamento do potencial dessa tecnologia nas diferentes regiões climáticas do país. Nesse ponto, há necessidade de serem quantificados, dentre outros, os efeitos dos fatores climáticos sobre a evapotranspiração da cultura e os níveis de teor de água do solo capazes de

promover uma ótima produtividade da alface, sendo essas informações importantes para o controle correto da irrigação pelos produtores rurais na condução da produção da alface em ambientes protegidos.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes lâminas de água sobre o comportamento produtiva da alface tipo americana, cultivada em vasos e em ambiente protegido, na região de Inconfidentes/MG.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ALFACE

A alface é uma planta herbácea, cujas folhas apresentam alto valor nutritivo e é considerada a hortaliça folhosa mais importante na alimentação dos brasileiros, devido sua facilidade de aquisição e em ser servida *in natura* na forma de salada e ser produzido o ano inteiro, além de ter baixo valor energético, razão pela qual é indicada na dieta alimentar de idosos e de outras faixas etárias (Santos, 2006; Netto et al., 2008).

A alface é componente básico de saladas, tanto em nível doméstico quanto comercial. Em algumas centrais de distribuição, o conjunto das espécies de alface representa quase 50% de todas as folhosas que são comercializadas e, dentre essas, a crespa corresponde a quase 40% do total (Moretti & Mattos, 2005).

A maior produção da alface ocorre entre os meses de abril e dezembro e seu cultivo apresenta expressiva importância e econômica por apresentar manejo fácil, ciclo curto de crescimento, alta produtividade, maior número de cultivos por ano e rápido retorno financeiro. Entre os meses de janeiro e março, sobretudo devido à incidência de chuvas, há redução na oferta e conseqüente aumento de preço do produto (Moretti & Mattos, 2005), sendo que no restante do ano, ocorre redução dos preços praticados.

O solo ideal para o cultivo dessa hortaliça é o areno-argiloso, rico em matéria orgânica e com boa disponibilidade de nutrientes. Para sua maior produtividade é necessário o uso de insumos que melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do solo (Vidigal et al., 1995).

No Brasil, aproximadamente 30 mil hectares são cultivados com alface, sendo responsável pela geração de 60 mil empregos diretos (Setúbal & Silva, 1992).

O cultivo da alface em ambiente protegido é uma técnica muito útil para a aquisição de alta produção e de produtos de excelente qualidade, por manter um clima

mais propício ao desenvolvimento da cultura ao longo do ano (Segovia et al., 1997). Além disso, o cultivo protegido, depende menos das condições climáticas, amenizando possíveis infestações de pragas e doenças, que provocam o aumento do custo de produção da cultura.

O ponto de colheita pode ser determinado quando a alface estiver aberta e, de acordo, o número de dias que a cultura está instalada no campo, respeitando a quantidade de dias que a cultura completa seu ciclo.

A alface é uma cultura de inverno, preferindo temperaturas em torno de 15°C para o seu desenvolvimento vegetativo, mas, também, existem cultivares que produzem bem no verão. Com o melhoramento genético, pode-se desenvolver cultivares mais tolerantes ao calor e tornando melhor a sua resposta em dias mais longos e quentes (Santos, 2006).

2.2. IRRIGAÇÃO

Estima-se que a terra tenha aproximadamente 5 bilhões de anos (Leinz & Amaral, 1978), sendo que há indícios do homem na terra a pelo menos 100.000 anos. No início da existência do homem, este se alimentava de carne de caça, depois eles descobriram as árvores frutíferas. O homem demorou cerca de 5 mil anos para começar a cultivar seus alimentos (Hagan et al., 1967).

A irrigação é uma técnica que aumenta a eficiência na produção, podendo ser utilizada de forma inapropriada ou de forma correta, tomando como ponto inicial da irrigação a Evapotranspiração Potencial (ETP), Evapotranspiração Real (ETR), Evapotranspiração Total (ETT).

Segundo Garcez (1974), a evapotranspiração pode ser classificada em:

a) ETP – ocorre quando a umidade do solo está próxima da capacidade de campo.

b) ETR – é a evapotranspiração diária que ocorre em condições normais de condução de uma cultura.

c) ETT – é a ETR computada para o ciclo inteiro produtivo de uma cultura.

Para Marin et al. (2001), a evapotranspiração é o principal parâmetro em projetos de irrigação, sendo a sua determinação a base para irrigar uma cultura

como forma de prevenir contra excesso e déficit hídrico, que podem ocasionar danos e prejuízos para planta, homem e meio ambiente.

Para se realizar uma irrigação superficialmente é necessário estimar a vazão disponível para irrigação e esta fonte deve estar instalada o mais perto possível.

2.3. NECESSIDADE HÍDRICA DAS CULTURAS EM AMBIENTES PROTEGIDOS

Segundo Albuquerque & Andrade (2001), a disponibilidade dos recursos hídricos para a irrigação está se tornando cada vez mais escasso. Com isso, a expansão da agricultura irrigada tem-se tornado preocupante, devido ao elevado consumo de água e, principalmente, às restrições dos recursos hídricos. Por isso, é importante ter conhecimento da quantidade de água requerida pelas culturas.

A quantidade de água constitui-se em um aspecto importante na agricultura irrigada para que haja uma adequada programação do manejo da irrigação. Segundo Hernandez (1994), a adoção de técnicas racionais de manejo conservacionista da água e do solo é de fundamental importância para a sustentabilidade, de tal forma que se possa, economicamente, manter ao longo do tempo esses recursos com quantidade e qualidade suficientes para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade (Wutke et al., 2000).

Para um manejo eficiente da água de irrigação é fundamental o conhecimento da disponibilidade de água no solo para as plantas, sendo quantificada em função da demanda de água da planta e da atmosfera e pela intensidade de fluxo de água do solo para a raiz (Reichardt, 1978).

Entretanto, de acordo com Oliveira & Braid (1985), essa disponibilidade de água é dada por meio da evapotranspiração real (ET_r) que contribui para melhorar a eficiência no manejo da irrigação e, conseqüentemente, evitar que se coloque, à disposição da cultura, água em excesso ou em déficit.

2.4. TANQUE CLASSE A

Segundo Bernardo (1995) o tanque Classe A (Figura 1) é um evaporímetro de grande aceitação por parte dos pesquisadores, visto a sua precisão e sensibilidade a leitura em períodos curtos, bem como, a facilidade de ser manuseado no campo. Entretanto, este equipamento possui um custo relativamente alto quando comparado com o custo de um minitanque evaporímetro.



Figura 1. Tanque Classe A (fonte: elaboração própria)

O tanque classe “A” é um reservatório cilíndrico, de 0,254 m de profundidade e 1,206 m de diâmetro, construído com uma chapa de metal não corrosiva e instalado sobre um estrado de madeira de 0,15 m de altura. O nível da água no interior do tanque deve ser mantido dentro da faixa de 0,174 a 0,204 m de profundidade (Bernardo, 1995). As medições de evaporação da água do tanque classe “A” são utilizadas para determinar a evapotranspiração de referência (ET_0), por meio da seguinte equação:

$$ET_0 = K_p E_T \quad \dots(1)$$

em que, K_p é um coeficiente de correção da leitura da evaporação E_T . Na tabela da FAO descreve a variação de K_p em função das condições de tamanho e da natureza da área de bordadura, da velocidade do vento e da umidade relativa do ar é apresentada por Doorenbos & Kassam (1994). Contudo, Sneider (1992) desenvolveu uma equação que permite interpolar os valores tabelados de K_p , da forma de:

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln D_b - 0,000376U + 0,0045 UR \quad \dots(2)$$

em que D_b é a distância (tamanho) da área de bordadura, em m, U é a velocidade do vento em km d^{-1} e UR é a umidade relativa média do dia em %.

2.5. CAPACIDADE DE CAMPO

Segundo Bernardo (1995) a água que infiltra para baixo do sistema radicular ou para um dreno não será mais aproveitada pela planta. Se o lençol freático estiver longe da superfície do solo a água só diminuirá seu movimento vertical para baixo quanto o teor de água no solo for tal que a sua condutividade hidráulica acaba sendo reduzida, e o solo drenou até a capacidade de campo.

A capacidade de campo descreve as condições verticais do movimento de água atingindo logo após alguns dias da irrigação, dependendo da condutividade hidráulica do solo e da quantidade de água aplicada no solo, pode ocorrer que após alguns dias, após a irrigação, a água da camada superior está sendo drenada para camadas inferiores; quando mais diminui a água das camadas superiores, mais aumenta as inferiores, pois esta água vai ser drenada o tempo todo (Bernardo, 1995).

2.6. PONTO DE MURCHA PERMANENTE

De acordo com Bernardo (1995), a medida que a planta se aproxima do ponto de murcha, a água é retida pela ação da força de adsorção que existe entre partículas do solo e a molécula de água, porém não terá nítida transição entre um tipo de retenção e o outro. Nestas condições de campo, pode-se notar que no período da tarde alguns vegetais, principalmente as olerícolas, por exemplo, as folhas da alface murcham, mesmo estando com o solo com umidade alta. Elas recuperam a turgidez durante a noite e mantêm turgido até no dia seguinte. Nesse caso, denominamos essa situação de murchamento temporário, isso ocorre mais frequente em dias quentes.

Bernardo (1995) define o ponto de murchamento quando a planta murcha durante o período da tarde e na manhã seguinte ela continua ainda murcha. Ela só se recupera o seu estado normal vegetativo após ser irrigada ou pela chuva.

O ponto de murcha é usada para determinar a umidade do solo, em que abaixo dele a planta não consegue retirar água na mesma quantidade que necessita para seu desenvolvimento. A deficiência de água na planta pode levar a morte da planta em pouco tempo.

De acordo com Winter (1984) o ponto de murcha permanente é o teor de umidade do solo quando ocorre o murchamento permanente da planta, redução de água em um vegetal até um ponto crítico que é 75% provoca mudanças estruturais e, com isso, a morte da célula. O vegetal não consegue se recuperar ao estado vegetativo antigo, quando a planta entra nesse estresse hídrico não tem como recuperá-la mesmo adicionando grande quantidade de água.

2.7. IMPORTÂNCIA E MOVIMENTO DA ÁGUA NO SOLO E NAS PLANTAS

Segundo Brandão et al. (2010) a utilização e o gerenciamento desordenado dos recursos hídricos acaba gerando prejuízos sociais e ambientais de grande relevância. O mau gerenciamento na agricultura vem desde o início do cultivo do próprio alimento pelo homem, que foi a pelo menos 5 mil anos atrás (descoberta dos primeiros indícios do homem na Terra). Isso vem causando há tempos prejuízos para o homem e para o meio onde vive. Estima-se que a erosão nos Estados Unidos causa prejuízos anual de 9 bilhões e no Brasil chega aproximadamente a 4,2 bilhões anuais (Hernani et al., 2002).

Quando ocorre precipitação na superfície do solo e se a intensidade for menor que a capacidade de infiltração, toda essa água vai penetrar no solo, e com o tempo reduz a capacidade de infiltração devido ao umedecimento do solo (Brandão et al., 2010).

O umedecimento do solo é em função da água que cai no solo, por meio de precipitação, uma parte evapora, outra escorre e outra infiltra. Com isso, no ponto de vista hidrostático, essa água forma um anel arredor da partícula do solo, e quanto mais fino for esse anel, mais progressiva vai ser o seu livramento da água, até o ponto que a planta não tem mais força osmótica para retirá-la, a planta entra em ponto de murcha permanente que ocorre com a falta d'água (Tibau, 1984).

Tibau (1984) comenta que o excesso de água é prejudicial, também, por motivos de excluir o ar do solo dificultando respiração do sistema radicular e esse excesso, também, lixívia o solo, carrega os elementos nutricionais, e no ponto de vista

econômico, causa desperdício envolvendo despesas inevitáveis. Segundo o mesmo autor, a água desempenha na economia da planta dupla função fisiológica integrando seus metabolismos, fisicamente e o solvente que ajuda a assimilar os nutrientes pelas raízes e pelos estômatos, regula a turgidez dos tecidos e distribui a seiva por toda a planta e metabolicamente a água, também, alimenta a planta, pois ela é composta de componentes químicos que são desdobrados e aproveitadas pelo ação da fotossíntese principalmente o oxigênio. A água está presente em todos os vegetais e o conteúdo celular de água é superior a 90% na planta herbácea e chega a 95% nas folhas da cultura da alface.

2.8. IRRIGAÇÃO DA ALFACE

Andrade Junior & Klar (1997), analisando os efeitos de quatro níveis de irrigação baseados na evaporação do Tanque Classe A (ECA) (0,5; 0,75; 1,0 e 1,25) aplicados por microaspersão em alface, obtiveram uma melhor resposta da cultura, em relação a quantidade da lamina d'água aplicada respectivamente, com o nível de irrigação correspondente a 75% da ECA. Os resultados relativos à eficiência do uso de água revelaram resposta linear decrescente com o aumento dos níveis de irrigação, significando que a cultura responde melhor à aplicação de pequenas lâminas de irrigação, porém com alta frequência.

Hamada (1993), objetivando analisar a resposta da alface à aplicação de diferentes lâminas de irrigação baseadas na evaporação de um Tanque Classe A (ECA) (0,6; 0,8; 1,0 e 1,2) utilizando irrigação por gotejamento, verificou que os melhores resposta da plantas, foram obtidos com a aplicação do nível de irrigação equivalente a 1,2 vezes a evaporação do Tanque Classe A.

Pelúzio (1992) conduziu experimento nas condições edafoclimáticas de Viçosa (MG) e avaliou seis níveis de lamina de água aplicada com base na evaporação do Tanque Classe A (0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 e 1,4), utilizando irrigação por gotejamento. Os autores verificaram que os níveis de água influenciaram na resposta da planta em relação a quantidade de água aplicada nos tratamentos e a eficiência do uso de água aumentou à medida que cresceu o nível de água aplicado, sendo que a eficiência máxima foi obtida com a aplicação do nível 1,4 da evaporação do Tanque Classe A.

Russo (1987) realizou em estudo para determinar a quantidade de água aplicada por gotejamento na alface, utilizando como manejo da irrigação a evaporação do Tanque Classe A. Os tratamentos consistiram na aplicação de três faixas de coeficientes (0,37 a 1,30; 0,60 a 1,60 e 0,70 a 2,40) sobre a evaporação do Tanque Classe A (ECA). O autor obteve uma irrigação mais efetiva com aplicação dos níveis de irrigação 1,30 e 1,60 da ECA, que não variaram significativamente, mostrando que a cultura responde à aplicação de elevadas lâminas de irrigação.

Forero et al. (1979), estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação aplicadas por gotejamento na cultura da alface, utilizou como tratamentos frações da evaporação do Tanque Classe A (0,6; 0,8 e 1,0) e verificaram que a melhor eficiência da cultura foi obtida com a aplicação do fator de evaporação igual a 1,0.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERÍSTICA DO LOCAL

O presente trabalho foi realizado no interior de uma estufa (Figura 2), localizado na Unidade de Ensino e Produção (UEP) de Olericultura, no período de 17 de outubro a 18 de dezembro, na Escola-Fazenda do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Câmpus Inconfidente, nas coordenadas geográficas 22° 18' 51,98" S e 46° 19' 53,51" W, com altitude média do local de 869 metros. O clima da região é classificado como tropical úmido, com duas estações do ano bem definidas, sendo a chuvosa no período de outubro a março e a seca, de abril a setembro, com precipitação pluviométrica média anual de 1774 mm e temperatura de 20° Celsius (Antunes, 1986).

3.2. ÁREA EXPERIMENTAL

Na área da instalação do experimento foi usada uma estufa de 6,20 x 6,20 x 2,40 m (comprimento x largura x altura), coberta por plástico de 100 micras e madeiras de eucalipto para levantamento da estrutura (Figura 2). No meio da estufa foi construída uma bancada de 2,40 x 1,10 x 1,20 (comprimento x largura x altura).

Foram utilizados 20 vasos de 0,18 metros de diâmetro e 0,22 metros de profundidade.

O experimento foi realizado no período de 17 de outubro a 18 de dezembro, computando 62 dias, mais 10 dias para o preparo dos vasos, período de montagem da bancada. O plantio das mudas foi no dia 05 de novembro de 2012 e o término do experimento foi no dia 18 de dezembro de 2012.

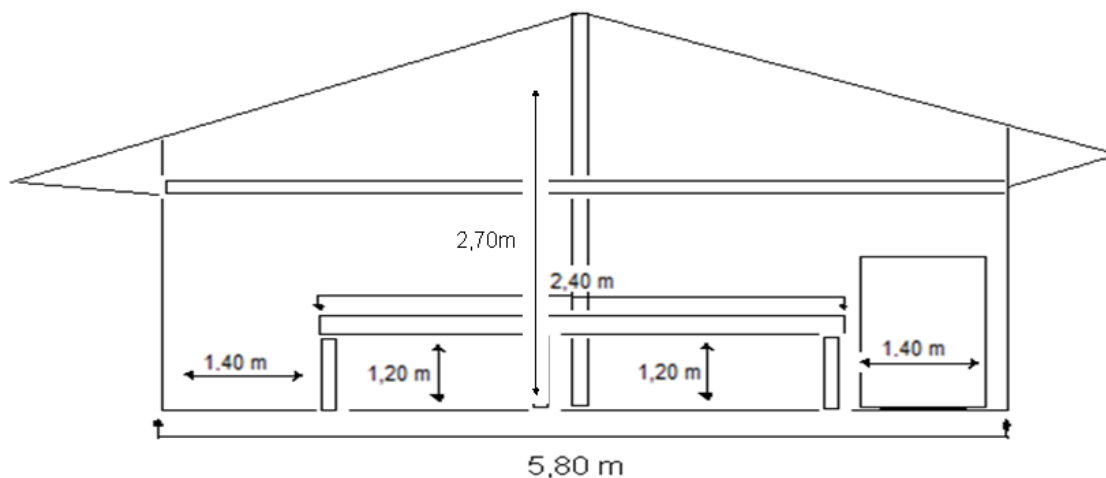


Figura 2. Esquema de tamanho e dimensões da estufa e bancada (Fonte: elaboração própria)

3.3. TRATAMENTOS

Para determinar o consumo de água pela cultura foi utilizada a variedade de alface tipo americana. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 4 tratamentos e 5 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por vasos plásticos, com 0,18 m de diâmetro e 0,22 m de profundidade. As lâminas utilizadas (tratamentos) foram as seguintes:

- a) Tratamento 1 (T1): 75% da ET_0 ;
- b) Tratamento 2 (T2): 100% da ET_0 ;
- c) Tratamento 3 (T3): 125% da ET_0 ; e
- d) Tratamento 4 (T4): 150% da ET_0 .

Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente (sorteio) nas bancadas, sendo que cada tratamento tinha 5 repetições, conforme esquema da Figura 3.

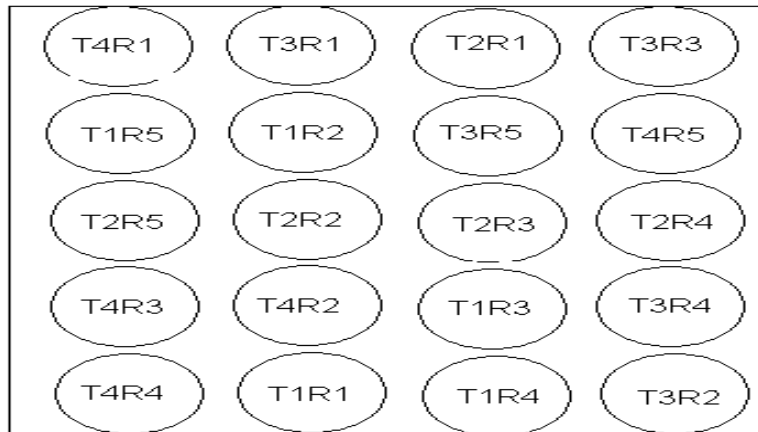


Figura 3. Casualização dos tratamentos distribuídos na bancada de testes. (Fonte: elaboração própria)

Na fase inicial do experimento (17/10/2012) utilizaram-se bandejas de isopor com substrato para semeadura das sementes de alface. As bandejas de isopor tem a característica de evitar o aquecimento do substrato, que poderia prejudicar o desenvolvimento das mudas. Em cada célula foram colocadas três sementes, sendo as bandejas irrigadas diariamente para o completo desenvolvimento inicial das mudas. Após 8 dias do início do experimento, das sementes germinadas, foram feitas a seleção de uma única muda por célula, escolhendo aquela muda com um maior número de folhas e vigor.

No dia 05/11/2012, as mudas foram transplantadas para os vasos, em que aquelas foram irrigadas diariamente, sem restrição, até a fase de pegamento (14/11/2013). Foram realizados adubação e tratos culturais nos vasos desde o transplante das mudas até a fase final do experimento.

Passado o período de pegamento, iniciou-se o controle da lâmina de irrigação de forma controlada, em função dos 4 tratamentos, ou seja, lâminas de irrigação equivalente a 75%, 100%, 125% e 150% da ET_0 , parâmetro este determinado de acordo com a evaporação do tanque classe A.

Para a determinação da lâmina a irrigar, foi utilizado os valores coletados da quantidade de água evaporada do tanque Classe A. Os vasos foram irrigados de acordo o resultado do monitoramento da evaporação do Tanque, utilizando uma proveta graduada para aplicação da lâmina de água nos vasos (parcelas), sendo o volume a ser aplicado em cada tratamento determinado por meio de uma balança digital para maior precisão. Para o T1, foram irrigados os vasos com 75% do valor da lâmina evaporada do

tanque Classe A; no T2, foram irrigados os vasos com 100% do valor da lâmina evaporada do tanque classe A, no T3 corresponderá a 125 % da lâmina evaporada e no T4, foram irrigados o correspondente a 150% da lâmina evaporada do tanque classe A.

Durante o estágio inicial do desenvolvimento da cultura, foram colhidos os seguintes parâmetros para avaliar o desempenho da cultura: número de folhas e dimensões horizontais e verticais das maiores folhas em cada vaso. Ao final do experimento, coletou-se os dados de perímetro da cabeça de alface (PCA), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raízes (MFR) e diâmetro de caule (Dcaule).

Os resultados foram analisados pelo programa SISVAR (Furtado, 2011) e Microsoft Excel 2010 para as análises de variância e geração de gráficos, que forneceu ferramentas para estimativa da quantidade de água a ser aplicada na cultura da alface americana na região de estudo.

3.4. PARÂMETRO AVALIADO

Os parâmetros número de folhas e distância vertical e horizontal, para estimativa da área foliar, foram medidos utilizando como equipamentos auxiliares de medição, uma régua graduada e um escalímetro, medindo todos os dias durante o experimento, sempre no mesmo horário, ou seja, às 9 horas da manhã. Ao final do experimento, avaliaram-se os parâmetro PCA, MFPA, MFR e Dcaule. A MFPA e a MFR, foram determinadas por meio de pesagem, utilizando uma balança digital. O PC e Dcaule foram determinados por meio de medição, utilizando uma fita métrica e paquímetro, respectivamente.

O volume de água a ser aplicado em cada tratamento, em função da evapotranspiração de referência (ET_0) do tanque Classe A foi calculado seguindo a seguinte metodologia:

- 1) Cálculo da ET_0 a partir da leitura do tanque classe A;
- 2) Determinação do volume a ser aplicado (ml), a partir da equação:

$$Vol = ET_0 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 1000 \quad \dots(3)$$

Em que Vol é o volume de água a ser aplicado em cada vaso em função da evapotranspiração de referência, em ml; π constante matemática; D é o diâmetro do vaso, em metros.

- 3) Para cada tratamento em estudo (T1, T2, T3 e T4) foi determinado o percentual do volume a ser aplicado (75%, 100%, 125% ou 150%) nos vasos.

3.5. ACOMPANHAMENTO DA CULTURA

Na implantação do experimento na estufa, após o plantio da alface tipo americana no dia 05/11/2012 em que foram transplantados as muda do tubete para o vaso, foi realizada uma pequena pressão no solo perto do caule das mudas para evitar que fiquem bolsões de ar que poderiam comprometer o desenvolvimento da cultura. Em seguida, foram aplicadas laminas de água na cultura, manualmente, todos os dias às 9 horas da manhã em grande quantidade durante uma semana e meia, para completar o período de pegamento (Figura 4).



Figura 4. Estágio final do pegamento da cultura da alface tipo americana (fonte: elaboração própria)

Após o período de pegamento (9 dias após), iniciou-se o controle da aplicação da lâmina de água. O controle de plantas daninhas foi feito manualmente, vaso a vaso, e logo após no dia 27/11/2012 foi feita uma adubação de cobertura usando uréia, aplicando 5 gramas por vaso, antes da irrigação. Em seguida, aplicaram-se as lâminas diferenciadas nos vasos, de acordo com os tratamentos testados. A água serviu

como solvente, ajudando e acelerando o processo de disponibilidade do nutriente para planta que no caso o de interesse era o nitrogênio principal responsável pelo crescimento radicular.

3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi em forma de DIC – Delineamento Inteiramente Casualizado, utilizando 4 tratamentos e 5 repetições. Os vasos foram sorteados aleatoriamente na bancada, para início do experimento. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) utilizando o programa SISVAR.

Tabela 1. Resumo da ANOVA do experimento em DIC da cultura da alface americana.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Tratamentos	3
Resíduo	16
Total	19

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, apresenta um resumo das comparações entre médias dos tratamentos estudados para as variáveis: massa fresca da parte aérea (MFPA), em gramas, massa de raízes (MR), em gramas, diâmetro de caule (Dcaule), em milímetros e perímetro de cabeça da alface (PCA), em centímetros.

Tabela 2. Comparações de médias pelo teste de Scott-Knott para as variáveis analisadas massa fresca da parte aérea – MFPA (g), massa fresca de raízes – MFR (g), diâmetro de caule – Dcaule (mm) e perímetro da cabeça da alface – PCA (cm).

Tratamentos	MFPA (g)	MFR (g)	Dcaule (mm)	PCA (cm)
T1 – 75% ET ₀	65,2 b	45,2 a	31,30 b	31,30 b
T2 – 100% ET ₀	182,4 a	92,4 a	86,24 a	86,24 a
T3 – 125% ET ₀	228,2 a	92,4 a	81,132 a	81,13 a
T4 – 150% ET ₀	103,2 b	47,6 a	37,06 b	37,06 b

Obs: médias seguidas de mesma letra, entre linhas, não diferem estatisticamente entre si em nível de 5% de significância (Fonte: Elaboração própria).

Observando os resultados da Tabela, percebe-se que os tratamentos T2 e T3 foram os que apresentaram melhores resultados para MFPA (182,4 e 228,2 g), Dcaule (86,24 e 81,132 mm) e PCA (86,24 e 81,13 cm), sendo que considerando os custos da água, insumos e mão-de-obra, recomenda-se o tratamento T2. Resultados semelhantes foram encontrados por Forero et al. (1979), Russo (1987) Pelúzio (1992) e Hamada (1993) e diferente dos encontrados por Andrade Júnior & Klar (1997) que trabalhando, também, com quatro níveis de irrigação (tratamentos) baseando na evaporação de 0,5, 0,75, 1,00 e 1,25 da ET₀, mostraram que a melhor resposta em termo de produção, alcançando o valor de 184 g de massa fresca, foi no tratamento de 0,75 do ET₀. Quanto ao parâmetro MFR, não houve diferenças significativas entre os tratamentos.

Durante o experimento, foi observado que a cultura murchava sempre no período da tarde, uma vez que a irrigação era sempre feita no período da manhã. Esta situação foi descrita por Bernardo (1995), Whitns (1977) e Tibau (1989). Foi observado que a temperatura chegava a 34,5 °C dentro da estufa e 31,5 °C no período mais quente do dia no exterior da estufa, entre 12h às 13h.

Pode-se observar, também, pela Tabela 2, que com o aumento da lâmina de água aplicada, melhor a resposta a planta até atingir certo limite, no caso do estudo, as lâminas com melhores respostas foram as de 100 e 125% da ET_0 . Após esse limite, observa-se que a cultura teve uma queda de rendimento. Este fato foi devido ao excesso de umidade nos vasos que propiciaram o surgimento de pragas e doenças, debilitando a planta e comprometendo o seu rendimento (Figura 5).



Figura 5. Folha da alface debilitada atacada por pragas e doenças (fonte: elaboração própria).

No caso do tratamento T1 (0,75 da ET_0) observou-se que a cultura não teve uma quantidade de água adequada para atingir seu potencial produtivo. Sob este ambiente de estresse hídrico, a cultura se adaptou as condições do local, modificando sua anatomia e sua fisiologia, com folhas menores, mais rígidas e com uma maior rugosidade, chegando ao ponto de murchamento no período mais quente do dia (Figura 6).



Figura 6. Murchamento da alface tipo americana referente ao tratamento T1 (fonte: elaboração própria).

4.1. ÁREA FOLIAR

Observa-se pelas Figuras 7, 8, 9 e 10 uma variação na projeção da área foliar no período em estudo. Tal fato é devido que a alface, durante seu ciclo de desenvolvimento, as primeiras folhas crescem e depois secam, contribuindo para a manutenção do vigor da alface. E que fatores climáticos, principalmente a alta temperatura, influenciaram no crescimento da cultura.

A variação da área foliar da cultura da alface a 0,75 da ET_0 (Figura 7) apresentou uma resposta cúbica ($\text{Área} = 0.0014.\text{dias}^3 - 0.048.\text{dias}^2 + 0.4874.\text{dias} + 0.3247$), em relação aos dias de experimento, indicando que no início do tratamento a cultura se desenvolveu muito bem. Após 10 dias do início da aplicação da lâmina controlada, foi observada uma diminuição da área foliar, fato esse devido ao solo estar com um teor de água no solo elevado antes da aplicação da lâmina controlada e, com o passar dos dias, o teor de água foi sendo reduzido até chegar num ponto que se aproximava do estresse hídrico, comprometendo o desenvolvimento da cultura.

Ao contrário da última semana do experimento, a cultura teve um bom desenvolvimento devido que as necessidades hídricas serem menor (Figura 7, 8, 9 e 10).

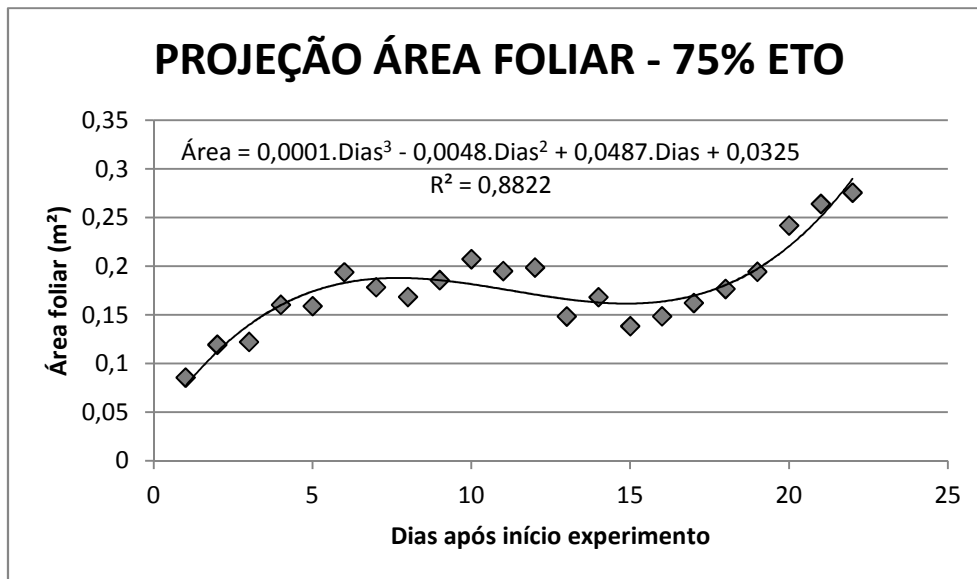


Figura 7. Projeção área foliar de 0,75 da ET_0 (fonte: elaboração própria)

Os valores de massa fresca da parte aérea foram superiores a os de Andrade Júnior & Klar (1997) que encontrou em ambiente protegido, no estado de São Paulo, entre 142,7 a 256,1 g MFPA. Foi observado que a técnica de irrigação aplicada não foi eficiente nesse tratamento (T1) devido os solo ficar muito retraído quando seco e assim, quando se aplicava a água, ela se perdia pela lateral do vaso, parando só nos coletores. Neste caso, recomenda-se utilizar técnicas ou métodos de irrigação que aplique a água no solo em pouca quantidade, mas com frequência, ou seja, característico do método de irrigação localizada, no sistema de gotejamento ou microaspersão.

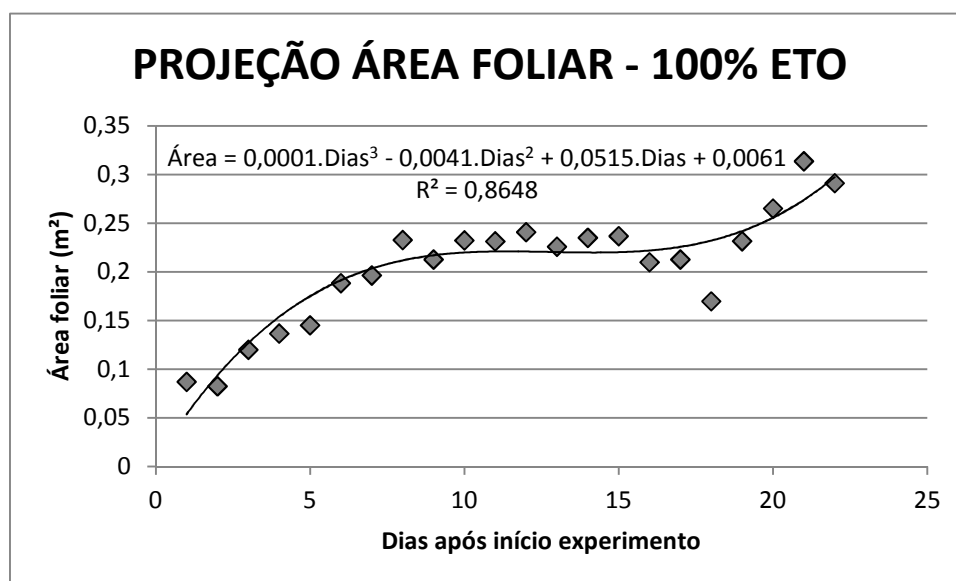


Figura 8. Projeção área foliar de 1,00 do ET_0 (fonte: elaboração própria)

Na Figura 8, percebe-se a distribuição dos valores de diâmetro da cabeça da alface, com resposta mais adequada ao tratamento de 1,00 da ET_0 . Neste tratamento obteve-se os melhores resultados, indicado por reduzir os custos com água e energia elétrica e manter um crescimento satisfatório da cultura, comparando com os tratamento (0,75, 1,25 e 1,50) de aplicação da lamina d'água em função do ECA.

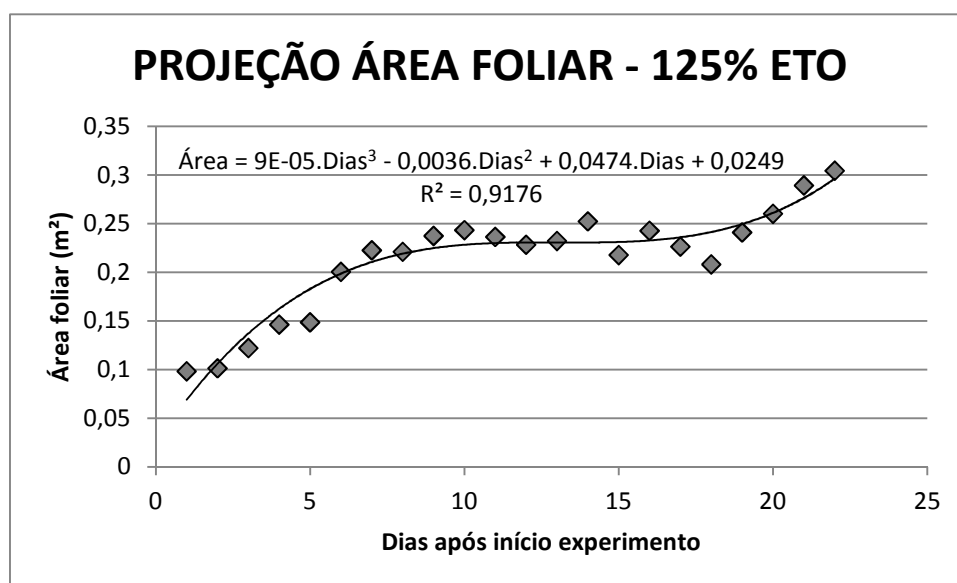


Figura 9. Projeção área foliar – 1,25 ET_0

A variação da área foliar dada a 1,25 da ET_0 (Figura 9), tomando como base os dias do experimento, foi observado o crescimento mais precoce da cultura, devido ter sido a primeira semana do experimento e pelo solo já estar com umidade adequada para o seu desenvolvimento.

No período entre 10 a 15 dias, a cultura teve uma queda no desenvolvimento das folhas, devido a pouca necessidade de água e da alta disponibilidade de água, causando assim excesso. Após 15 dias, a cultura teve uma maior demanda por água, em razão da aproximação do fim do ciclo. Com isso, a cultura não teve uma queda de crescimento comparado ao tratamento T1 (Figura 6).

Como no T4 a cultura não tinha escassez de água, foi observado que as plantas se desenvolveram muito bem, fato comprovado que após 15 minutos de irrigação, poderia ser detectado presença de água na bandeja.

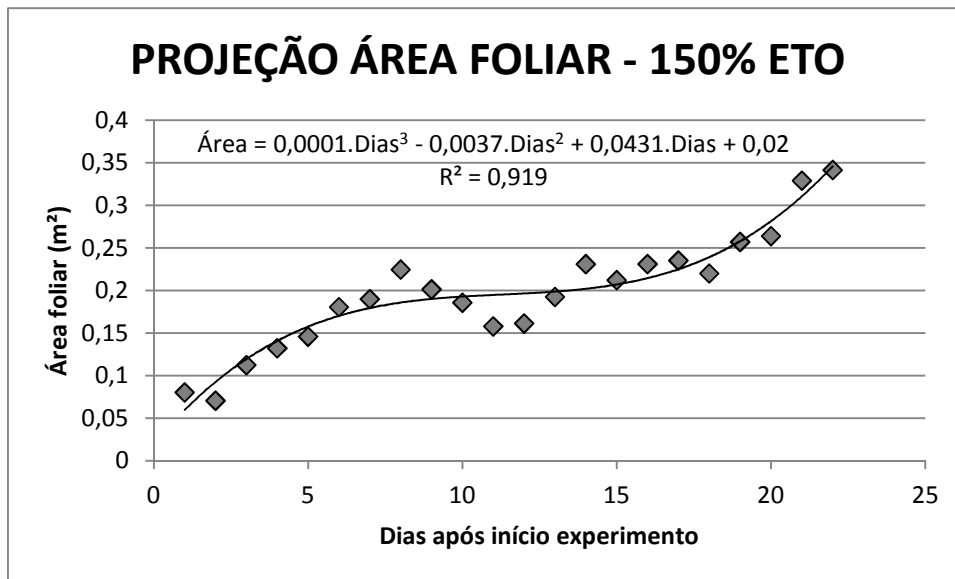


Figura 10. Projeção área foliar – 1,50 ET₀

Em resumo, comparando-se os resultados dos tratamentos de 0,75 e 100 da ET₀, o crescimento foi mais lento devido que, no começo do experimento, o solo estava saturado e segundo TIBAU (1984), o excesso de água é prejudicial para as plantas, dificultando a respiração das raízes, reduzindo assim sua capacidade de absorver os nutrientes e, conseqüentemente, reduzindo seu crescimento.

Observa-se que após 15 dias do início dos tratamentos, ou seja, o controle de aplicação da lâmina d'água, que as plantas apresentaram um desenvolvimento menor, devido o solo não estar mais saturado, forçando a cultura encontrar seu equilíbrio e crescer de forma significativa, de acordo o nível de água aplicado.

No tratamento de 1,50 do ET₀ pode-se concluir que houve um excesso de água, que não foi favorável para as plantas nesse tratamento. Uma das possíveis causas é quanto a característica do solo, argiloso, que dificulta a infiltração da água no solo. Em estudo realizado por Pelúzio (1992), o autor comenta que a aplicação da lamina no nível de 1,4 da ECA não proporcionou efeito negativo por excesso de água devido, provavelmente, às características físicas do solo, que por ser de textura arenosa, permitiu a perda de água por percolação profunda, além de reter pouca água disponível.

5. CONCLUSÕES

De acordo com o estudo realizado e análise dos resultados, pode-se concluir que:

- a) O tratamento que apresentou melhores resultados foram 100% da ET_0 e 125% da ET_0 .
- b) Considerando os custos de produção, pode-se sugerir o tratamento referente a 100% da ET_0 , pois, implicaria em menor lâmina, economizando água, energia elétrica e mão de obra.
- c) O crescimento da parte aérea segue uma função polinomial do 3º grau, demonstrando que a planta apresenta possíveis mecanismos para manter o vigor e desenvolvimento da cultura.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte-MG, v.12, n.138, p.9-13. 1986.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de; ANDRADE, C. de L. T. de. **Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 14p. (Circular técnica, 10).

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; KLAR, A. E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) através do Tanque Classe A. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 1-2, jan./ago. 1997.

BERNARDO, S. **Manual da irrigação**. 6ed. Editora UFV, 1995. 656 p.

BRANDÃO, V. dos S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. da. **Infiltração da água no solo**. 3ed. Viçosa: Editora UFV, 2010, 120p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de H. R. Gheyi, A. A. de Sousa, F. A. V. Damasceno e J. F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1994. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

FURTADO, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FORERO, J.A.S.; GUTIÉRREZ, J.H.P.; MARTÍNEZ, R.A. Determinacion de la lâmina de riego por goteo en la lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. "Calamar". **Revista ICA**, v.14, n.1, p.51-58, 1979.

GARCEZ, L. N. **Hidrologia**. São Paulo: Editora EDGARD BLUCHER, 1974. 249 p.

HAMADA, E. **Desenvolvimento e produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.), submetida à diferentes lâminas de água, através da irrigação por gotejamento**.

1993. 102p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 1993.

HERNANDEZ, F.B.T. Manejo da irrigação por pivô central na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1994, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1994. 13p. (Artigo 286).

HERNANI, L.C; FREITAS, P. L.; PRUSKI F. F.; MARIA, I. C. de; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J.C. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002. p.47-60.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**, Rio de Janeiro, 1996. Acesso em: 28 set. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/horti/default.asp>>

NETTO, M. R; SILVA, J. B.; SCHWENGBER, J. E.; SCHIEDECK, G. Produção de mudas de alface em diferentes substratos orgânicos. In: Congresso de Iniciação Científica, 17. Encontro de Pós-Graduação, 10. 2008, Pelotas-RS. **Anais...** Pelotas: UFPel, 2008. (CD-ROM)

MORETTI, C. L; MATTOS, L. M. **Processamento mínimo de alface crespa**. Brasília-DF: Embrapa Hortaliças. 2005. 6p. (Comunicado Técnico, 25).

OLIVEIRA, J. M. F.; BRAID, A. R. A. **Introdução e avaliação cultivares de alface em Roraima**. Boa Vista: Embrapa/UEPAE, 1985. 2p.

PELÚZIO, J. B. E. **Crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em casa de vegetação com seis níveis de água e cobertura do solo com seis filmes coloridos de polietileno**. Viçosa, 1992. 102p. Tese (M.S.) - Universidade Federal de Viçosa.

REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; COELHO FILHO, M. A.; NOVA, N. A. V. Construção e avaliação de psicrômetro aspirado de termopar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p.839-844. 2001.

RUSSO, D. Lettuce yield-irrigation water quality and quantity relationships in a gypsiferous desert soil. **Agronomy Journal**, v.79, n.1, p.8-14. 1987.

SANTOS, P. M. **Frequência de amostragem de plantas de alface hidropônica para ajuste de curvas de crescimento**. 2006. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria.

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

SEGOVIA, J. F. O.; ANDRIOLO, J. L.; BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria - RS. **Ciência Rural**, v.27, p.37-41, 1997.

SETUBAL, J. W.; SILVA, A. M. R. Avaliação do comportamento de alface de verão em condições de calor no município de Teresina/PI. **Horticultura Brasileira**, (Resumo 127). 1992.

SNEIDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of irrigation and drainage engineering**. v.118, p.977-980, 1992.

TIBAU, A. O. **Técnicas modernas de irrigação**. 5ed. São Paulo: Nobel, 1989. 223p.

VIDIGAL, S.M; RIBEIRO , A.C; CASALI, V.W.D; FONTES, L.E.F. Resposta da alface (*Lactuca Sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica: I. Ensaio de campo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.42, n.239, p.80-80, 1995.

WINTER, E. J. **A água, o solo e a planta**. Tradução de K. Reichardt e P. L. Libardi. 2ed. São Paulo: Nobel, 1984. 161p.

WUTKE, E.B.; ARRUDA, F.B.; FANCELLI, A.L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.621-33, 2000.