UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS

Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

ALFACE AMERICANA SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO EM AMBIENTE PROTEGIDO

KASSIO DOS SANTOS CARVALHO

RONDONÓPOLIS- MT

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS

Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

ALFACE AMERICANA SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO EM AMBIENTE PROTEGIDO

KASSIO DOS SANTOS CARVALHO

RONDONÓPOLIS- MT

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S237a Santos Carvalho, Kassio dos.
Alface americana submetida à adubação nitrogenada e tensões de água no solo em ambiente protegido / Kassio dos Santos Carvalho. -- 2013
54 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Marcio Koetz.
Co-orientador: Edna Maria Bonfim da Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Lactuca sativa L.. 2. tensiômetro. 3. nitrogênio. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS

MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: ALFACE AMERICANA SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO EM AMBIENTE PROTEGIDO

Autor: KASSIO DOS SANTOS CARVALHO

Orientador: Dr. MARCIO KOETZ

Aprovada em 13 de dezembro de 2013

Comissão Examinadora:

Prof° Dr. Marcio Koetz

(ICAT/UFMT) (Orientador)

Prof° Dr. Marconi Batista Teixeira

(IFGO/Campus de Rio Verde)
(Membro externo)

Prof° Dr. Osvaldo Guedes Filho
(ICAT/UFMT) (Membro Interno)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde, força e sabedoria.

A minha família, pela ajuda, por acreditar e torcer pela concretização dos meus sonhos.

Ao meu amigo e Orientador Marcio Koetz, pelo incentivo, tolerância, dedicação e incansável orientação prestada.

Aos professores Dr[a]. Analy Castilho Polizel, Dr[a]. Edna Maria Bonfim da Silva, Dr. Osvaldo Guedes Filho, Dr. Marconi Batista Teixeira, Dr. Marcos Henrique Dias Silveira e Dr. Tonny José Araújo da Silva pela ajuda e amizade.

Agradeço aos técnicos Elias, Agnaldo, Laura e Nayara pela amizade e por serem sempre tão prestativos.

A estudante de Biblioteconomia e também funcionária da UFMT Célia Cabral, por todo apoio, carinho e amizade.

A meu amigo Carlos Eduardo Avelino Cabral, exemplo de ser humano e profissional, pela ajuda e amizade.

Aos amigos e companheiros de estudo Antônio Tassio Ormont, Alessana Schlichting, Bruna Kroth, Cristhyan Macedo, Carolina Alves, Cristina Resende, Gislaine Frigo, Jeremias Caetano, Maria Débora Bezerra, Natacha Brun, Patrícia Menezes e Rebeca Porto pela ajuda e companheirismo.

Muito obrigado a todos...

Sumário

RESUMO 8
ABSTRACT 9
1. Introdução 10
2. Revisão de literatura 12
2.1 A cultura da alface 12
2.2 Cultivo de alface em ambiente protegido 14
2.3 A adubação nitrogenada na cultura da alface 15
2.4 Manejo da irrigação na cultura da alface 17
3. Material e Métodos 19
3.1 Localização geográfica e época de execução do experimento 19
3.2 Parâmetros climáticos na casa de vegetação 20
3.3 Preparo do solo utilizado no experimento 21
3.4 Delineamento experimental e tratamentos 23
3.5 Tensões e volume de água aplicados 26
3.6 Variáveis analisadas 27
3.6.1 Teor de clorofila e número de folhas 27
3.6.2 Massa fresca de folhas e da parte aérea total 28
3.6.3 Massa seca de folhas, total e de raiz 29
3.6.4 Altura de plantas e área foliar 30
3.7 Análises estatísticas 31
4. Resultados e discussão 32
4.1 Teor de clorofila 33
4.2 Altura de plantas 36
4.3 Massa fresca de folhas 37
4.4 Número de folhas 38
4.5 Massa verde da parte aérea total 39
4.6 Área foliar 40
4.7 Massa seca de folhas 41
4.8 Massa seca de raiz 42
4.9 Massa seca da parte aérea total 44
4.10 Correlações 45
5 Conclusões 47

6 Referências Bibliográficas 48

ALFACE AMERICANA SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO EM AMBIENTE PROTEGIDO

RESUMO - A alface é uma cultura exigente em água, sendo o manejo adequado da irrigação importante, assim como a adubação nitrogenada, pois o nitrogênio é um nutriente que estimula o desenvolvimento da planta. Objetivou-se avaliar o efeito, isolado e associado, de tensões de água no solo e níveis de adubação nitrogenada aplicados em um Latossolo Vermelho do Cerrado Mato-Grossense em função do desenvolvimento da cultura da alface americana em condições controladas. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade para 7 dm^3 de solo e em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x5, totalizando 20 tratamentos (15, 30, 45, e 60 kPa da tensão de água no solo e 0, 50, 100, 150 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio) e quatro repetições. A fonte de nitrogênio usada foi à ureia e as tensões foram controladas por tensiômetros instalados a 10 cm de profundidade nas unidades experimentais adubadas com 100 mg dm^{-3} de nitrogênio. As variáveis analisadas foram: massa verde da parte aérea total e das folhas, número de folhas, massa seca das folhas, total e de raiz, teor de clorofila, altura de plantas e área foliar. Os resultados foram submetidos a analise de variância e quando significativos, a regressão, ambos a 5% de probabilidade. De maneira geral, o maior desenvolvimento das variáveis massa verde de folhas e total, massa seca de folhas, de raiz e total, número de folhas e área foliar foi observado na tensão de água no solo de 15 kPa. A maior altura das plantas e índice de clorofila foi verificado com a aplicação de 66,75 e 107,67 mg dm^{-3} de nitrogênio, respectivamente. A massa seca de raiz decresceu com o aumento da adubação nitrogenada. O teor de clorofila e a massa seca de raiz apresentaram interação entre as tensões de água no solo e as doses de nitrogênio.

Palavras chaves: *Lactuca sativa L.,* tensiômetro, nitrogênio.

AMERICAN LETTUCE SUBMITTED TO NITROGEN FERTILIZATION AND SOIL WATER TENSION IN ENVIRONMENT PROTECTED

ABSTRACT - Lettuce is a culture demanding in water consumption and the irrigation appropriate management is major, as well as nitrogen fertilization because nitrogen is a nutrient that stimulates plant development. This study aimed to evaluate the effect, isolated and associated soil water tensions and nitrogen levels applied in a Grossense Mato Cerrado of red oxisol with the development of the culture of lettuce under controlled conditions. The experiment was conducted in pots with capacity for 7 dm^3 of soil end in greenhouse. The experimental design was completely randomized in a 4x5 factorial design, with 20 treatments (15, 30, 45, and 60 kPa soil water tension and 0, 50, 100, 150 and 200 mg dm^{-3} nitrogen) and four replications. The nitrogen source used to urea and tensions were controlled by tensiometers installed at 10 cm depth in the experimental units fertilized with 100 mg dm^{-3} nitrogen. The analyzed variables were: leaves and total aerial parts of green weight, of leaves number, weight dry leaf, total and root, chlorophyll content, of plant height and leaf area. The results were subjected to analysis of variance and when significant regression, both 5% probability. In general, the further development of variable of leaves green weight and total dry mass of leaves, root and total of number leaves and leaf area was observed in the soil water tension of 15 kPa. The biggest plant height and chlorophyll content was checked with application 66.75 and 107.67 mg dm^{-3} of nitrogen, respectively. The root dry weight decreased with increasing nitrogen fertilization. The chlorophyll content and root dry weight showed interaction between the water tension in the soil and the nitrogen.

Keywords: *Lactuca sativa* L., tensiometer, nitrogen.

1. Introdução

A alface (*Lactuca sativa L.*) é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, correspondendo a quase 50% de todas as folhosas que são comercializadas no país. Pertence à família *Asteracea*, originária de clima temperado, uma planta de ciclo anual, possui caule curto e não ramificado e raízes do tipo pivotante que alcança cerca de 25 cm de profundidade. A ocorrência de temperaturas mais elevadas acelera o ciclo de cultivo e pode resultar em plantas menores porque o pendoamento ocorre mais precocemente (HENZ e SUINAGA, 2009).

A alface é uma cultura exigente em água, sendo o manejo adequado da irrigação importante não apenas por suprir as necessidades hídricas das plantas, mas também por minimizar problemas com doenças e lixiviação de nutrientes, bem como gastos desnecessários com água e energia (KOETZ et al., 2006).

Para produzir alface em regiões com precipitação mal distribuída ou deficitária, o uso da irrigação é decisivo para a obtenção de folhas de qualidade e de altos índices de produção. Na época das chuvas a alternativa é o cultivo em ambiente protegido, pois nesse período é muito difícil produzir alface em condições de campo, sendo portanto a época em que o produto atinge o maior valor comercial.

Dessa forma, o cultivo em ambiente protegido tem sido utilizado, uma vez que permite obter um produto de melhor qualidade, e ainda, incrementa a produtividade e insere no mercado um produto que em condições de cultivo em campo, não seria possível. Concomitantemente, nesses ambientes a irrigação é imprescindível e o manejo inadequado do sistema de irrigação e da cultura pode inviabilizar o processo produtivo (CARVALHO et al., 2011).

Mesmo sendo muito importante o cultivo em ambiente protegido para a olericultura brasileira, ainda são insuficientes os resultados de pesquisa que subsidiem o aproveitamento do potencial dessa tecnologia nas diferentes regiões climáticas do País, notadamente aqueles necessários ao adequado manejo da irrigação. Nesse aspecto, há necessidade de serem quantificados, dentre outros, os efeitos dos fatores climáticos sobre a evapotranspiração da cultura e os níveis de tensão de água do solo capazes de promover uma

produtividade ótima, sendo essas informações imprescindíveis para o correto controle da irrigação pelos operadores e técnicos de projetos de irrigação (SANTOS et al., 2004).

De acordo com Filgueira (2003), o nitrogênio favorece o crescimento vegetativo, o aumento de massa, o incremento da área foliar e, consequentemente, a expressão do potencial produtivo da cultura. Segundo Malavolta et al. (1997), esse fato ocorre devido ao efeito do nutriente na absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular.

A adubação nitrogenada recomendada para a alface permanece em torno de 100 a 130 kg ha^{-1} ou 40 a 60 t ha^{-1} de esterco de curral (IAC, 2012). Essa recomendação de adubação pode ser diferente da ideal para o pleno desenvolvimento da cultura da alface na região de Cerrado. A região é muito carente de estudos sobre a cultura e isso mostra que de fato, existe a necessidade de se estudar o desenvolvimento produtivo da alface em função da adubação nitrogenada em outras regiões do país ou situação de área experimental diferente, de modo a encontrar a melhor dose para o local de cultivo.

Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito entre tensões de água no solo e níveis de adubação nitrogenada, no desenvolvimento da cultura da alface americana, cultivada em Latossolo Vermelho.

2. Revisão de literatura

2.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa L.*) é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil e é uma das hortaliças mais cultivadas em todo mundo, pertence à família Asteracea e é originária de clima temperado. No caule se prendem as folhas que geralmente são grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não na forma de uma “cabeça”. Sua coloração varia de verde-amarelado ao verde-escuro, sendo que algumas cultivares apresentam as margens arroxeadas. As raízes podem atingir 0,60 m de profundidade quando em semeadura direta, porém, apresentam ramificações delicadas, finas e curtas, explorando apenas os primeiros 0,25 m de solo (FILGUEIRA, 2000).

Em temperaturas amenas a alface se desenvolve melhor, sendo que a máxima tolerável pela planta fica em torno de 30 ^{o}C e a mínima situa-se em torno de 6°C, para a maioria das cultivares, enquanto a umidade relativa mais adequada ao bom desenvolvimento da alface varia de 60% a 80% (CERMEÑO, 1990; SGANZERLA, 1995).

Quando apresenta estádio vegetativo avançado, a cabeça ou as folhas centrais se abrem e surge um talo cilíndrico e ramificado com folhas e flores amarelas em cachos. É uma planta autógama, suas sementes são aquênios típicos. Em um grama estão aproximadamente 800.000 sementes que tem uma vida útil de 4 a 6 anos (BENEDETTO, 2005).

A cultura da alface se destaca como a hortaliça de maior valor comercial no Brasil, sendo a sexta em importância econômica e a oitava em termos de produção (OLIVEIRA et al., 2005).

É consumida de forma *in natura*, sendo boa fonte de vitaminas e sais minerais e devido ao baixo teor de calorias é recomendada para dietas alimentares ricas em fibras (FILGUEIRA, 2008). O seu teor de fibras é ótimo para o funcionamento intestinal (MATTOS et al., 2007), possuindo como princípios ativos as vitaminas A e C, fósforo e ferro (REIS et al., 2012).

Consoante Dupont et al. (2000), a cultura da alface é uma das hortaliças mais populares e cada vez mais consumida, devido ao fato da sua percepção como um alimento saudável. O benefício da alface depende de sua

composição, e do seu conteúdo de micronutrientes (CECATTO, 2012). Os micronutrientes e antioxidantes, como polifenóis e carotenóides podem exercer um papel importante na nutrição e prevenção de doenças, porém são suscetíveis à variação entre cultivares e condições de crescimento (NICOLLE et al., 2004).

Além do aspecto nutricional, também é uma cultura de grande importância social, por ser cultivada principalmente por agricultores familiares próximos aos grandes centros urbanos (VILLAS BÔAS et al., 2004).

A procura pelas cultivares de folhas de coloração roxa em relação a verde, tem aumentado, devido ao maior conteúdo de substâncias funcionais. A alface roxa tem maior quantidade de fenólicos totais e capacidade antioxidante do que a alface verde (LLORACH et al., 2008). Mulabagal et al. (2010) compararam in vitro a atividade biológica de alface verde e roxa e constataram que o extrato aquoso da alface roxa possuía maior atividade biológica e continha mais antocianinas em comparação as cultivares verde.

O solo ideal para o cultivo dessa hortaliça é o de textura média, rico em matéria orgânica e com boa disponibilidade de nutrientes. Para conseguir maior produtividade, é necessário o uso de insumos que melhorem as condições físicas, químicas e biológicas do solo. As maiores produções podem ser obtidas a partir da melhoria das características químicas e físico-química do solo, o que poder ser obtida com o acréscimo de doses crescentes de compostos orgânicos (SOUZA et al., 2005).

A irrigação de alface pode ser realizada mediante o emprego de diferentes sistemas de irrigação, destacando-se: irrigação por sulcos, aspersão e gotejamento. Quando é usado o sistema de irrigação por aspersão ou gotejamento é muito comum à prática da fertirrigação por permite manter a disponibilidade de água e nutrientes próxima dos valores considerados ótimos ao crescimento e à produtividade da cultura, justamente por permitir controlar as doses de forma precisa por meio dos injetores de fertilizantes. Sendo assim, a quantidade de nutrientes, parcelada ou não, deve ajustar-se às necessidades da cultura ao longo das fases de desenvolvimento (CARDOSO e KLAR, 2011).

A alface é uma das hortaliças mais difundida entre os produtores hidropônicos, provavelmente devido ao seu pioneirismo como cultura hidropônica no país, bem como por se tratar de uma cultura de fácil manejo e

principalmente por apresentar um ciclo curto (GUALBERTO et al., 2009). São inúmeras as vantagens apresentadas para o cultivo hidropônico da alface em relação aos demais sistemas de cultivo, tais como utilização de pequenas áreas, economia de água, automação, redução drástica do uso de defensivos, maior controle da nutrição das plantas, encurtamento do ciclo da planta e antecipação da colheita, produção durante o ano todo, maior produtividade, rápido retorno econômico, produção fora de época, melhores preços e melhor qualidade (FAQUIN e ANDRADE, 2004).

2.2 Cultivo de alface em ambiente protegido

Por ser originário de região de clima temperado, o desenvolvimento dessa hortaliça é bastante influenciado pelas condições ambientais. O melhor desenvolvimento tem sido observado em temperaturas oscilando entre 15 e 20ºC, no entanto, quando cultivada em regiões de temperatura e luminosidade elevadas, esta hortaliça deixa de desenvolver todo o seu potencial genético (SANTANA; ALMEIDA e TURCO, 2009). De acordo com Sganzerla (1997), as temperaturas ótimas para a alface dependem do estádio de desenvolvimento da cultura: na germinação 15 a 20°C e no desenvolvimento 14 a 18°C durante o dia e 5 a 20°C durante à noite, devendo estes valores de temperatura estar associados com os valores de umidade relativa do ar entre 60 e 70%.

Ultimamente o cultivo em ambiente protegido no Brasil apresentou crescimento significativo, principalmente para produção de hortaliças e flores. Considerando a importância alimentar das hortaliças, seu custo de produção e seu elevado valor econômico, principalmente na entressafra, tornam-se necessário pesquisas com o intuito de oferecer tecnologias de aumento de produtividade e redução de risco (MAGGI et al., 2006).

Devido à importância do cultivo em ambiente protegido para a cultura da alface no Brasil, torna-se de grande relevância o desenvolvimento de pesquisas que subsidiem o aproveitamento do potencial dessa tecnologia nas diferentes regiões climáticas do País (VILAS BOAS et al., 2007).

Dentre os benefícios do cultivo em ambiente protegido, podem-se citar aumento da diversidade dos produtos agrícolas e a estabilidade da produção anual, com otimização do uso da terra. Em locais onde as terras são mais

valorizadas, ou mais escassas, o cultivo em estufas representa uma estratégia valiosa para aumentar a produtividade e absorver a crescente produção agrícola (SOUZA, 2003).

O ambiente protegido torna possível à exploração de culturas em épocas pouco comuns ao cultivo e consequentemente, podendo-se conseguir melhor retorno econômico devido à qualidade do produto, e da produção ocorrer na entressafra (MAGGI et al., 2006).

O cultivo em ambiente protegido mostra-se viável pela possibilidade de controle dos fatores ambientais, podendo, assim, haver maior produtividade, além de amenizar problemas relacionados a pragas e doenças (KOETZ et al., 2006).

Em ambiente protegido, a evapotranspiração é em média menor que a verificada externamente, devido à redução da radiação solar e da ação dos ventos. Sob essas condições o déficit de vapor d'água é menor, afetando o crescimento e a produção indiretamente, por meio da influência na temperatura foliar, condutância estomática e, especialmente, redução na área foliar, uma vez que a transpiração é também responsável pelo transporte de nutrientes para as folhas e outros órgãos, por intermédio da seiva do xilema (COCKSHULL, 1998).

2.3 A adubação nitrogenada na cultura da alface

As formas mais assimiláveis do nitrogênio pelas plantas é o nitrato (NO_3^-) e o amônio ($NH4^+$), sendo que o primeiro é preferido pelas plantas por ser pouco tóxico e circular em maiores concentrações na seiva (PRIMAVESI, 1986). Segundo Paganini (1997), quando o nitrogênio se encontra disponível em suas formas mais utilizáveis, ocorrem os seguintes mecanismos de remoção: assimilação, volatilização e lixiviação.

O nitrato é muito lixiviável por ser um ânion que não é adsorvido pelas partículas negativamente carregadas do solo e possuir alta solubilidade em presença de água. Além disso, o nitrato também é responsável, em presença de fósforo, pela proliferação de algas nas águas superficiais, resultando na deterioração da qualidade da água, mesmo em presença de pequenas concentrações de nitrogênio (DUARTE, 2006).

Devido à cultura ser composta basicamente de folhas, a mesma responde bem ao fornecimento de nitrogênio, nutriente que requer um manejo especial quanto à adubação, por ser de fácil lixiviação e pelo fato da alface absorver maior quantidade na fase final do ciclo. A sua deficiência retarda o crescimento da planta (ALMEIDA et al., 2011), induz a má formação da cabeça e o amarelecimento das folhas mais velhas (GOTO et al., 2001). Para alface, o nitrogênio é o segundo nutriente mais extraído (BENINNI et al., 2005).

Ferreira (2002) avaliou a produção da alface do tipo lisa cv. “Regina”, em função da adubação nitrogenada, obtendo incrementos na produção (25.890 kg ha^{-1}) até 200 kg ha^{-1} de N inorgânico. Almeida et al. (2011), observaram que com a deficiência de nitrogênio, o crescimento das plantas foi afetado de forma significativa, causando decréscimo na altura das plantas, área foliar, número de folhas, na medida indireta da clorofila e na massa seca das plantas de alface. Pereira et al. (2003) avaliaram a produção da alface cv. “Verônica” em função de níveis de água, 62,5; 75,0; 87,5 e 100,0%, da máxima capacidade de retenção de água no substrato, e de doses de nitrogênio, 75; 150; 225 e 300 mg dm^{-3}, e obtiveram máxima produção de massa fresca da parte aérea com 87,5% da máxima capacidade de retenção e na dose de 150 mg dm^{-3}.

No metabolismo da planta o nitrogênio faz parte de muitos compostos, principalmente das proteínas, sendo seu efeito externo mais visível à vegetação verde e abundante. Este nutriente promove aumento no rendimento da cultura, bem como no peso médio da cabeça, sendo por essa razão, utilizado em grandes quantidades (FURLANI, 1998).

De acordo com Mantovani et al. (2005), no cultivo da alface, é comum a aplicação de elevadas quantidades de adubo nitrogenado. Porém, esse nutriente apresenta maiores dificuldades de manejo na produção devido a sua dinâmica no solo.

Em relação ao manejo desta adubação, devido ao crescimento lento do sistema radicular da alface logo após o transplantio, é necessário que se faça o parcelamento da aplicação do nitrogênio, visando evitar as perdas por lixiviação, otimizando assim o aproveitamento do fertilizante nitrogenado (FERREIRA, 2002). Reis et al. (2012), estudando a alface crespa cv. “Verônica”, constataram-se que deve utilizar dois parcelamentos da adubação nitrogenada sem comprometimento da qualidade da cultura.

2.4 Manejo da irrigação na cultura da alface

O cultivo da alface em ambiente protegido é muito difundido e o manejo da irrigação, sob condições de ambiente protegido, pode basear-se em fatores do solo, do clima e da planta. O emprego isolado de sensores de solo, tanto para indicar o momento quanto para quantificar o volume de água a aplicar, surge como uma alternativa viável, com baixo custo e relativa praticidade (FIGUEIRÊDO, 1998).

O manejo otimizado da irrigação requer uma estimativa sistemática do estado energético de água no solo para determinar as quantidades apropriadas e o tempo de irrigação. O conteúdo de água no solo deve ser mantido entre certos limites específicos acima e abaixo, onde a água disponível para a planta não é limitada, enquanto a lixiviação é prevenida (MORGAN et al., 2001).

Andrade júnior (1994), ao desenvolver um trabalho com a cultivar de alface do tipo americana “Mesa 659” sob cultivo protegido, na região de Botucatu – SP, obteve máxima produção de matéria fresca por planta, com a aplicação de uma lâmina de água total de 142,3 mm. Nessa lâmina, a tensão da água no solo variou de 20,5 kPa a 38,2 kPa ao longo do ciclo da cultura, tensão essa monitorada de forma indireta por meio da umidade gravimétrica e da curva característica da água no solo.

Silva e Queiroz (2013), trabalhando com diferentes cultivares de alface e manejo da irrigação, constataram que o menor número de folhas foi obtido no manejo por tensiometria e o maior no manejo por tanque classe A 140%, sendo este igual ao manejo por tanque classe A 120% da evaporação.

Silva e Marouelli (1998) afirmam que as hortaliças cultivadas em solo, sob ambiente protegido e manejadas por gotejamento, de modo geral, apresentam melhor desempenho quando submetidas a tensões da água no solo mais próximas à capacidade de campo, isto é, entre 10,0 kPa e 30,0 kPa, com o sensor instalado a 0,15 m de profundidade.

Para a obtenção de plantas mais altas, com maior peso de matéria fresca da parte comercial (cabeça comercial) e plantas com folhas mais tenras, as irrigações devem ser realizadas quando as tensões de água no solo estiverem em torno de 15 kPa, obtidas por sensores instalados a 0,15 m de profundidade (SANTOS et al., 2004).

Os mesmos autores citados anteriormente relatam que a altura de plantas e o peso da matéria fresca da parte comercial reduziram-se linearmente em função do aumento da tensão da água no solo, no intervalo entre 15 kPa e 89 kPa, ocorrendo o inverso com o teor de matéria seca. Foi observado também a melhor eficiência no uso da água (469,2 kg ha^{-1} mm^{-1}) foi obtida com o controle da irrigação sendo realizado em torno de 15 kPa.

Cardoso e Klar (2011), ao estudarem o fracionamento da fertirrigação na cultura da alface, observaram diferenças significativas apenas nas lâminas aplicadas, sugerindo que o volume de água aplicado no solo é um fator imprescindível para favorecer a cultura na absorção dos nutrientes dispostos no solo. Pereira et al. (2003) avaliaram a produção da alface cv. “Verônica” em função de níveis de água e de doses nitrogênio e obtiveram ajustes para produção com modelos quadráticos em relação aos níveis de água.

Andrade Júnior e Klar (1997) estudando o efeito de quatro níveis de irrigação com base na evaporação do tanque Classe A (ECA) (25, 50, 75 e 100%), utilizando irrigação por gotejamento na cultura da alface tipo americana, obtiveram valor máximo para produtividade total de 90 t ha^{-1}, com o nível de irrigação correspondente a 75% da ECA.

Silva et al. (2008) obtiveram efeito quadrático para circunferência da cabeça comercial da alface americana, cujo valor máximo de circunferência foi de 44,94 cm, com uma lâmina total de água de 170,81 mm, correspondente a 91,66% da lâmina de reposição.

3. Material e Métodos

3.1 Localização geográfica e época de execução do experimento

O experimento foi conduzido com a cultura da alface em casa de vegetação do programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola do Campus Universitário de Rondonópolis – UFMT, de outubro de 2012 a março de 2013, situado 16° 27'N e 54° 34' O, a uma altitude de 282 metros.

O clima de Rondonópolis é classificado como tropical continental quente (mega térmico) alternadamente úmido e seco em função do ritmo de atuação dos sistemas tropicais equatoriais e extratropicais. Em síntese a principal propriedade deste sistema climático regional, é o elevado aquecimento do ar (média anual de 24,8°C) como resultante da absorção pelo solo de altos valores da radiação solar global bem como pelos elevados valores da radiação terrestre de ondas longas. As estações do ano são bem definidas, sendo um período de seca e outro de chuva, com precipitações médias anuais de 1200 a 1600 mm, apresentando temperatura média máxima anual de 36ºC e a mínima média de 18,6ºC. Os meses de setembro e outubro são os meses que apresentam as maiores médias de temperatura e os meses de junho e julho às menores (SETTE et al., 2001).

No interior da casa de vegetação foi colocado um termohigrômetro para determinação da temperatura e umidade, máxima e mínima, cujas leituras dos dados foram realizadas diariamente (Figura 1).

Figura 1. Termohigrômetro instalado no interior da casa de vegetação, em experimento com alface americana *cv.* “Rafaela”, Rondonópolis-MT e no ano de 2013.

3.2 Parâmetros climáticos na casa de vegetação

Os dados climáticos da casa de vegetação referente à temperatura máxima, média e mínima do ar e a umidade relativa máxima, média e mínima do ar, ao longo do período de condução do experimento estão apresentados nas Figuras 2 e 3.

A temperatura média do ar durante o período de condução do experimento foi de 32,8°C, sendo que as temperaturas médias mínimas e máximas foram de 25,1 e 39,9°C. Verificou-se que os valores de temperatura oscilaram entre 20,0 e 43,3°C (Figura 2).

A umidade relativa média foi de 69,2% e a mínima de 53,6%, enquanto que a média das leituras da umidade relativa máxima durante o período de condução do experimento foi de 84,8%. As leituras de umidade relativa oscilaram entre 37 e 99% (Figura 3).

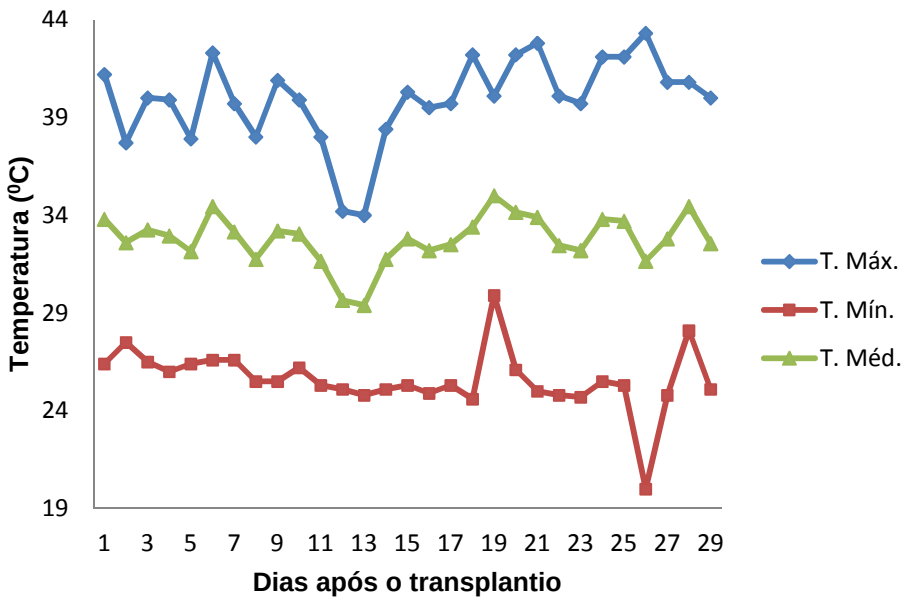

Figura 2. Temperatura (^{0}C) mínima, média e máxima do ar ocorrido no interior da casa de vegetação no período de 29 de janeiro a 26 de fevereiro. UFMT, Rondonópolis, MT e no ano de 2013.

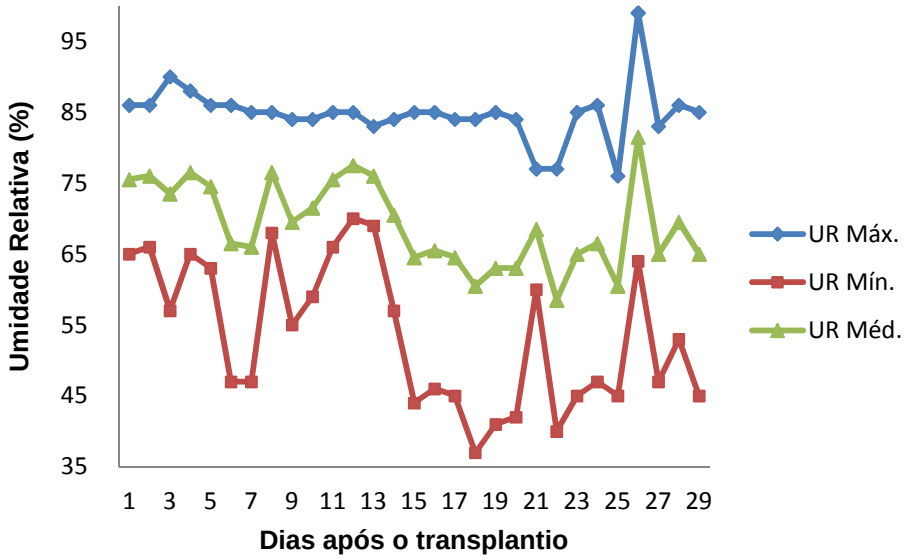

Figura 3. Umidade relativa (%) mínima, média e máxima do ar ocorrido no interior da casa de vegetação no período de 29 de janeiro a 26 de fevereiro. UFMT, Rondonópolis-MT e no ano de 2013.

3.3 Preparo do solo utilizado no experimento

O solo usado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho EMBRAPA (2013), cuja caracterização química e física foi descrita de acordo

com a EMBRAPA (1997), (Tabela 1), coletado em área sob vegetação de Cerrado na profundidade de 0 a 20 cm e peneirado em malha de 4 mm, sendo posteriormente incubado com calcário dolomítico (PRNT = 80,3%) e colocado em sacos plásticos para não perder a umidade, elevando-se a saturação por bases para 70% (Figura 4).

Tabela 1. Caracterização química e granulométrica do Latossolo Vermelho proveniente de vegetação de Cerrado

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	MO	V	m	Areia	Silte	Argila
$CaCl_2$	mg dm^{-3}			$cmol_c$ dm^{-3}				g kg^{-1}		%		g kg^{-1}	
4,1	1,1	47	0,2	0,1	1,0	4,7	6,1	19,7	6,9	70,4	575	50	375

CTC, capacidade de troca de cátions; MO, matéria orgânica; V, saturação por bases; M, Saturação por alumínio.

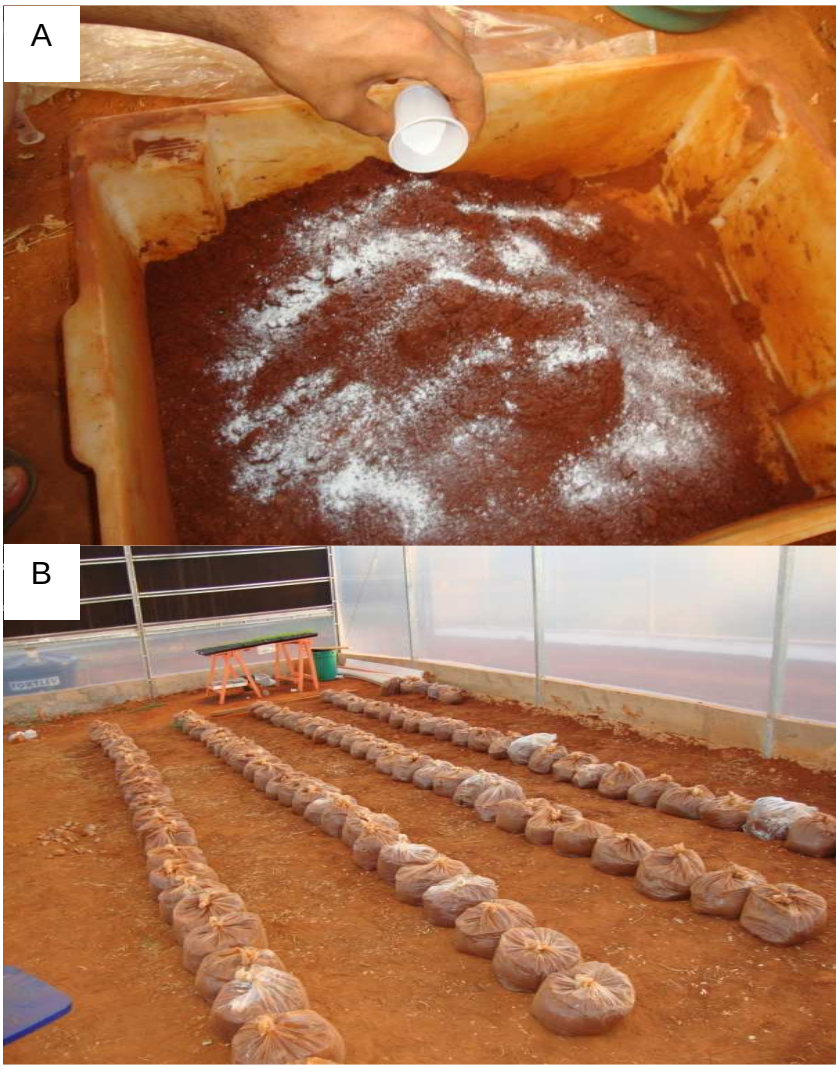

Figura 4. Incorporação de calcário no solo (A) e solo calcariado colocado em sacos plásticos (B), em experimento com alface americana *cv.* “Rafaela”, Rondonópolis-MT e no ano de 2013.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x5, correspondendo a quatro tensões de água no solo (15, 30, 45, e 60 kPa) e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm^{-3}) e quatro repetições, totalizando 80 unidades experimentais. A fonte de nitrogênio utilizada foi à uréia. Cada parcela experimental foi constituída por um vaso com capacidade para 7 dm^3 de solo e com uma planta.

A alface utilizada foi a cultivar “Rafaela”. A semeadura foi realizada em bandejas de 24 células, preenchidas com substrato comercial com fibra de coco, sendo que o transplantio das mudas foi realizado quando as mudas apresentaram de 4 a 6 folhas.

As datas de realização da semeadura, transplantio, colheita e adubação estão contidas na Tabela 2.

Tabela 2. Datas da realização da semeadura, transplantio, colheita e das respectivas adubações em experimento com alface, Rondonópolis-MT, 2013.

Atividade	Data
Semeadura	14/01/2013
Transplantio	29/01/2013
1ª adubação	07/02/2013
2ª adubação	11/02/2013
3ª adubação	4/02/2013
4ª adubação	8/02/2013
Colheita	6/02/2013

Após 95 dias de incubação do calcário, foi realizado a adubação com as seguintes doses, em mg dm^{-3}: P = 300, K = 100, B = 0,75, e Zn = 2,25, nos quais as fontes foram, super fosfato simples, cloreto de potássio, ácido bórico e sulfato de zinco, respectivamente. A aplicação foi realizada por meio de solução dividida em quatro aplicações, com intervalos de três a quatro dias entre uma aplicação e outra, exceto paro o fósforo que foi incorporado junto ao solo três dias antes do transplantio das mudas.

Durante todo o período experimental a umidade do solo foi monitorada por tensiômetros, instalados a 0,10 m de profundidade nos tratamentos de 15, 30, 45 e 60 kPa e 100mg dm^{-3} de nitrogênio (dose de referência). As leituras fornecidas pelo tensímetro foram utilizadas na equação de Van Genuchten (1980), descrita na equação 1, para encontrar a umidade atual do solo. A curva característica de água no solo foi determinada em laboratório por meio da câmera de Richards (Figura 5).

$$\theta = \frac{0,468}{[1+(0,0573\times\Psi)^{0,3545}]^{0,5724}} \qquad (1)$$

em que:

θ - umidade com base em volume (cm^{-3} cm^{-3});

Ψ - tensão de água no solo (cm).

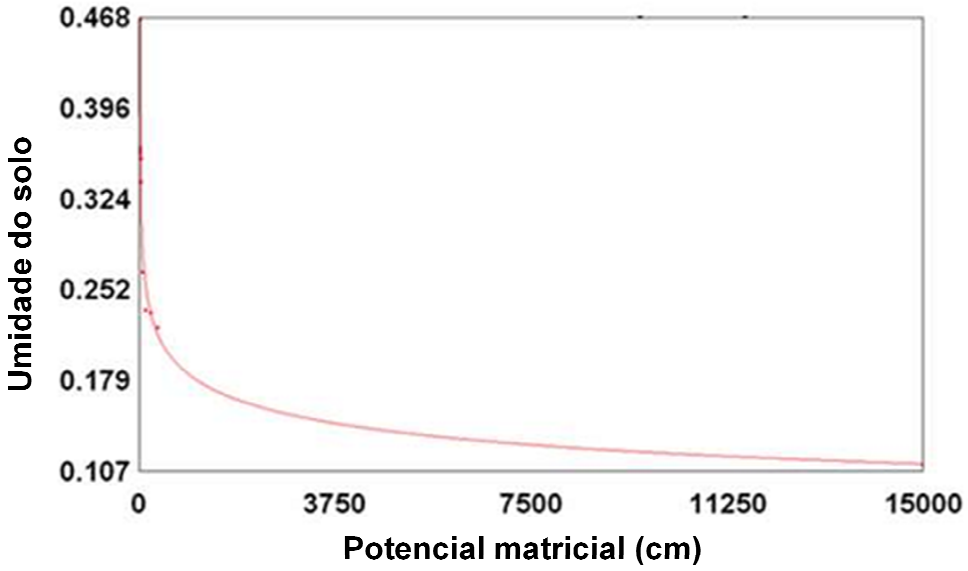

FIGURA 5. Curva de retenção de água no solo, gerada pelo programa Soil Water Retention Curve (versão 3.0) e a equação da umidade do solo com os dados obtidos.

A umidade na capacidade de campo (θcc) adotada foi de 5 kPa e com a umidade atual (θ atual) para as tensões obtidas nos tensiômetros no momento da leitura, calculou-se o volume de água necessário para elevar o solo à capacidade de campo no vaso de acordo com a equação 2.

Vol= (θcc – θatual) x 7.000 (2)

em que:

θcc - umidade na capacidade de campo (cm^3 cm^{-3});

θatual - umidade atual do solo (cm^3 cm^{-3});

Vol - volume de água (cm^3).

A irrigação foi uniforme, próximo à capacidade de campo e realizada manualmente com auxílio de uma proveta, em todos os vasos para melhor estabelecimento da cultura, até o 13º dia após o transplantio, onde se deu início aos tratamentos com lâminas de água. Após cinco dias da realização do transplantio, foi realizado o desbaste, mantendo uma planta por unidade experimental (Figura 6).

Figura 6. Vista geral do experimento logo após o desbaste (A) e experimento quando se deu início aos tratamentos (B) em experimento com alface americana *cv.* “Rafaela”, Rondonópolis-MT e no ano de 2013.

3.5 Tensões e volume de água aplicados

O tratamento com a tensão de água no solo pré-estabelecida de 15 kPa, recebeu o maior número de irrigações e também o maior volume de água aplicado (Tabela 3), seguido pelo tratamento de 30, 45 e 60 kPa, respectivamente. O intervalo médio entre as aplicações aumentou e o número de irrigações decresceu com o aumento das tensões de água no solo. Ainda convém lembrar que antes da diferenciação dos tratamentos cada parcela experimental recebeu diariamente um volume de água uniforme de 150 ml de água, exceto nos dias 7 e 11 de fevereiro, pois nessas datas foi feito a aplicação de 200 ml de adubação via solução. Após o início da diferenciação dos tratamentos com tensões de água no solo (dia 12 de fevereiro de 2013), foram aplicados 200 mL de adubação (com nitrogênio e potássio) nos dias 14 e 18 de fevereiro, sendo estes valores incluídos no consumo de água de cada tratamento.

Os resultados do presente estudo corroboram com os verificados por GEISENHOFF (2008), em que o volume de água aplicado em cada irrigação foi menor nos tratamentos com menores tensões, porém as irrigações foram mais frequentes, sendo que os tratamentos do trabalho avaliado variavam de 12 a 70 kPa.

Tabela 3. Consumo de água, número de irrigações e intervalo entre as irrigações para as tensões de água no solo Pré-estabelecidas. UFMT, Rondonópolis, MT, 2013.

Tensão pré-estabelecida (kPa)	Consumo de água (ml)	Número de Irrigações	Intervalo Médio entre irrigações (dias)
15	4084	15	1,0
30	3505	8	1,9
45	2749	5	3,0
60	2728	4	3,8

3.6 Variáveis analisadas

A colheita foi realizada quando as plantas apresentaram um desempenho vegetativo apto a serem comercializadas, que se deu aos 28 dias após o transplantio (Figura 7). Após a colheita foram realizados imediatamente as avaliações, exceto para o teor de clorofila que foi realizado aos 27 dias após o transplantio e para a matéria seca das folhas, parte aérea e raízes, que foram determinados após os 31 dias ao transplantio.

Figura 7. Vista geral das parcelas experimentais aos 28 dias após o transplantio, em experimento com alface americana *cv.* “Rafaela”, Rondonópolis-MT e no ano de 2013.

3.6.1 Teor de clorofila e número de folhas

O teor de clorofila foi obtido com um clorofilog portátil Falker CFL 1030 (Figura 8). As folhas foram removidas do caule e contadas manualmente, incluindo as de coloração amarelecidas.

Figura 8. Determinação do teor de clorofila, em experimento com alface americana *cv.* “Rafaela”, Rondonópolis-MT e no ano de 2013.

3.6.2 Massa fresca de folhas e da parte aérea total

A massa fresca das folhas foi obtida após a retirada das folhas externas que não são utilizadas para o consumo e do caule. As folhas retiradas apresentaram coloração amarelada e sintomas de queimaduras nas bordas. Depois desse procedimento, as folhas foram pesadas e os resultados foram expressos em gramas (Figura 9). Ao realizar a colheita, as plantas foram levadas ao laboratório de solos e produção vegetal para realizar a pesagem da parte aérea.

Figura 9. Determinação da massa fresca das folhas, em experimento com alface americana *cv.* “Rafaela”, Rondonópolis-MT e no ano de 2013.

3.6.3 Massa seca de folhas, total e de raiz

Para a determinação da massa seca das folhas, estas foram colocadas em sacos de papel e levadas a estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 65^{0}C, até atingir massa constante, obtendo os resultados em gramas. Logo depois da determinação da massa seca das folhas, somou-se esse valor com o do resíduo seco (parte não comercial) e do caule seco, para então obter a massa seca total em gramas. As raízes foram peneiradas em peneira com malha de 4 mm, lavadas e colocadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 65 °C, até atingir massa constante (Figura 10).

Figura 10. Processo de lavagem (A) e secagem de raízes em estufa de circulação de ar (B), em experimento com alface americana *cv.* “Rafaela”, Rondonópolis-MT e no ano de 2013.

3.6.4 Altura de plantas e área foliar

Para a determinação da altura da planta, foi considerada a distância do colo à extremidade superior da planta, usando uma régua de 30 cm. A área foliar foi determinada pelo método de Huerta (1962), tendo-se o auxílio de um cilindro com área conhecida (2,14 cm^2), o qual foi utilizado para remover três discos das folhas por parcela. Após a retirada dos discos foi efetuado a pesagem e de posse do peso total dos três discos e da massa fresca total, realizou-se uma relação entre a massa fresca total e a massa dos discos (com área conhecida), obtendo assim a área foliar em cm^2 (equação 3) (Figura 11).

$$AF = (MFF \times (2{,}14 \times 3)) / MFD \quad (3)$$

Em que:

MFF - Massa fresca das folhas (g);

MFD - Massa fresca de parte das folhas, discos, (gramas);

AF - Área foliar (cm^2).

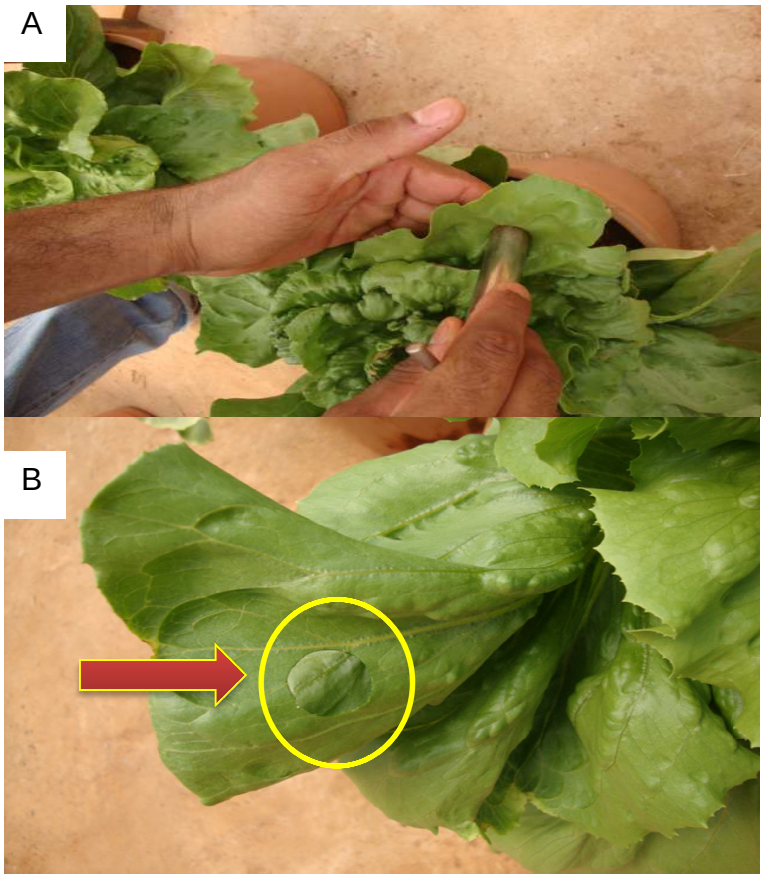

Figura 11. Determinação da área foliar com cilindro de área conhecida (A) e folha furada após a retirada do disco (B), em experimento com alface americana *cv.* “Rafaela”, Rondonópolis-MT e no ano de 2013.

3.7 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância com o uso do teste F e posteriormente a análise de regressão, ambas a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2008).

4. Resultados e discussão

Foi realizado a análise de variância para as características físicas e produtivas da alface em função das tensões de água no solo, no qual verificou-se que as mesmas apresentaram diferença significativa pelo teste de F, sendo que as variáveis número de folhas, massa verde da parte aérea total, área foliar, massa fresca de folhas, massa seca da parte aérea total e de folhas, apresentaram diferença significativa ao nível de 0,1% de probabilidade. A variável massa seca de raiz apresentou diferença significativa ao nível de 5% e as variáveis teor de clorofila e altura de plantas não apresentaram diferença significativa (Tabela 4).

Ao verificar o efeito da adubação nitrogenada em relação ao desenvolvimento produtivo da cultura da alface cultivar “Rafaela”, verificou-se que a adubação nitrogenada, não influenciou nas características analisadas, corroborando com resultados obtidos por SILVA et al. (2008) e FURTADO (2001), exceto no desenvolvimento da massa seca de raiz, teor de clorofila e altura de plantas que apresentou diferença significativa pelo teste de F, ao nível de 1% de probabilidade para massa seca de raiz e a 0,1% de probabilidade para o teor de clorofila e para a altura de plantas. Pode-se observar que só houve interação entre as tensões de água no solo e as doses de nitrogênio, a 1% de probabilidade, para as variáveis massa seca de raiz e teor de clorofila.

Foi considerado como características fitométricas e produtivas, as variáveis; número de folhas, massa verde da parte aérea total, área foliar, altura de plantas, massa fresca de folhas, teor de clorofila, massa seca de raiz, da parte aérea total e das folhas. O resumo da análise de variância das respectivas variáveis analisadas encontra-se descrito na Tabela 4.

Tabela 4. Resumo da análise de variância quanto ao número de folhas (NF), massa verde da parte aérea total (MVTOL), área foliar (AF), massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea total (MSTOL), teor de clorofila (TC), altura de plantas (AP), massa fresca de folhas (MFF) e massa seca de folhas (MSF), da cultura da alface cultivar "Rafaela" em resposta à adubação nitrogenada e a tensões de água no solo

Fonte de Variação	GL	QM								
		NF	MVTOL	AF	MSR	MSTOL	TC	AP	MFF	MSF
			g	cm^2	g	g		cm	g	g
Tensão	3	78,45***	26516,74***	1647748,45***	2,75*	51,35***	5,44^{ns}	8,55 ^{ns}	20276,35***	6,03***
Nitrogênio	4	4,89 ^{ns}	3066,69 ^{ns}	19289,13 ^{ns}	3,93**	4,53 ^{ns}	141,09***	13,89***	2429,3 ^{ns}	3,60^{ns}
N. x T.	12	5,06 ^{ns}	1290,55 ^{ns}	112196,27 ^{ns}	4,01**	3,49 ^{ns}	19,44**	4,20 ^{ns}	94,37 ^{ns}	2,39 ^{ns}
Resíduo	60	3,2	1247,62	181417,97	1,05	3,08	5,85	3,64	1040,40	2,62
Média		17,41	175,85	1397,49	3,34	10,99	42,54	18,46	158,41	9,72
C.V. (%)		10,27	20,09	30,48	30,81	15,96	5,69	10,33	20,36	16,67

Em que: ^{ns}, não significativo. *, ** e *** - significativo a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, pelo teste de F, respectivamente.

4.1 Teor de clorofila

O teor de clorofila apresentou interação significativa a 1% de probabilidade, entre as tensões de água no solo e as doses de nitrogênio, sendo que ao realizar o desdobramento da tensão de água no solo dentro das doses de nitrogênio, verificou-se que na medida em que se aumentou a tensão de água no solo adubado com 50 mg dm^{-3}, houve um incremento no teor de clorofila de 8,13% quando se comparou a tensão de água no solo de 15 kPa com a tensão de 60 kPa; já no solo adubado com 150 e 200 mg dm^{-3}, houve decréscimo no índice de 13,97% e 9,49%,respectivamente, comparando-se a tensão de água no solo de 15 kPa com a tensão de 60 kPa (Figura 12).

Isso pode ter acontecido, porque no tratamento adubado com 50 mg dm^{-3} de nitrogênio e com umidade próxima à capacidade de campo, a quantidade de nitrogênio presente na solução do solo, estava em uma concentração muito baixa, e na medida em que foi reduzindo a umidade do solo, aumentou-se a concentração do nutriente na solução, e assim, incrementou-se o teor de clorofila. Porém nos tratamentos adubados com 150 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio, o índice de clorofila, decresceu com a redução da umidade do solo,

possivelmente porque o aumento demasiado da concentração do nutriente na solução do solo afetou negativamente o teor de clorofila da cultura.

Frequentemente, a redução do potencial de água na planta leva a uma diminuição da condutância estomática, o que restringe a entrada de gás carbônico, com consequente diminuição da fotossíntese (NAUTYAL et al., 1994). As hortaliças têm como características um elevado teor de água em seus tecidos, e flutuações no teor de água no solo como o déficit hídrico ou o excesso de água, afetam o desenvolvimento vegetativo da planta, diminuindo sua qualidade e produtividade (MAROUELLI et al., 1996).

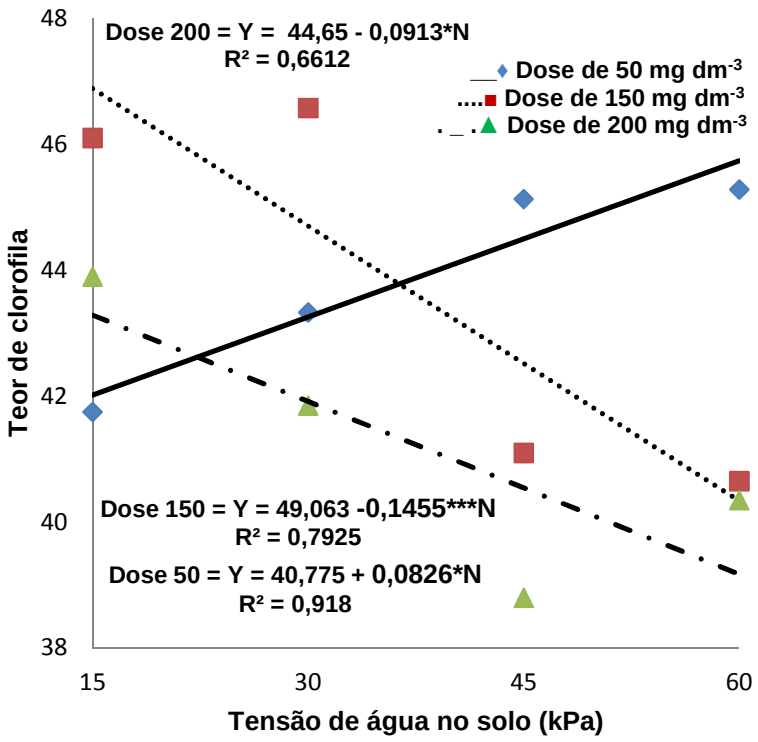

FIGURA 12. Leitura do teor de clorofila da alface adubadas com 50, 150 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio em resposta a tensões de água no solo. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

Ao realizar o desdobramento da adubação nitrogenada dentro das tensões de água no solo, verificou-se que as doses de nitrogênio que acarretaram em maiores índice de clorofila para as tensões de 15, 30, 45 e 60 kPa foram 141,25; 123; 97,5 e 95,2 mg dm^{-3}, respectivamente (Figura 13). De

maneira geral, verificou-se que na medida em que existe uma maior quantidade de água disponível à planta, ocorre uma maior absorção de nitrogênio, refletindo no teor de clorofila. Carvalho et al. (2012), estudando rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação em Latossolo Vermelho, observaram máximo teor de clorofila (49,1) na dose de nitrogênio de 300 mg dm^{-3}, evidenciando assim a alta correlação entre o teor de clorofila e a adubação nitrogenada.

Existem diferentes cultivares de alface, que variam na sua cor de verde e amarelo ao vermelho escuro, como resultado de diferentes concentrações de clorofila e antocianina nas folhas (CECATTO, 2012). De acordo com Santos et al. (2001), o verde intenso proporcionado pelo pigmento da clorofila é atrativo para os consumidores.

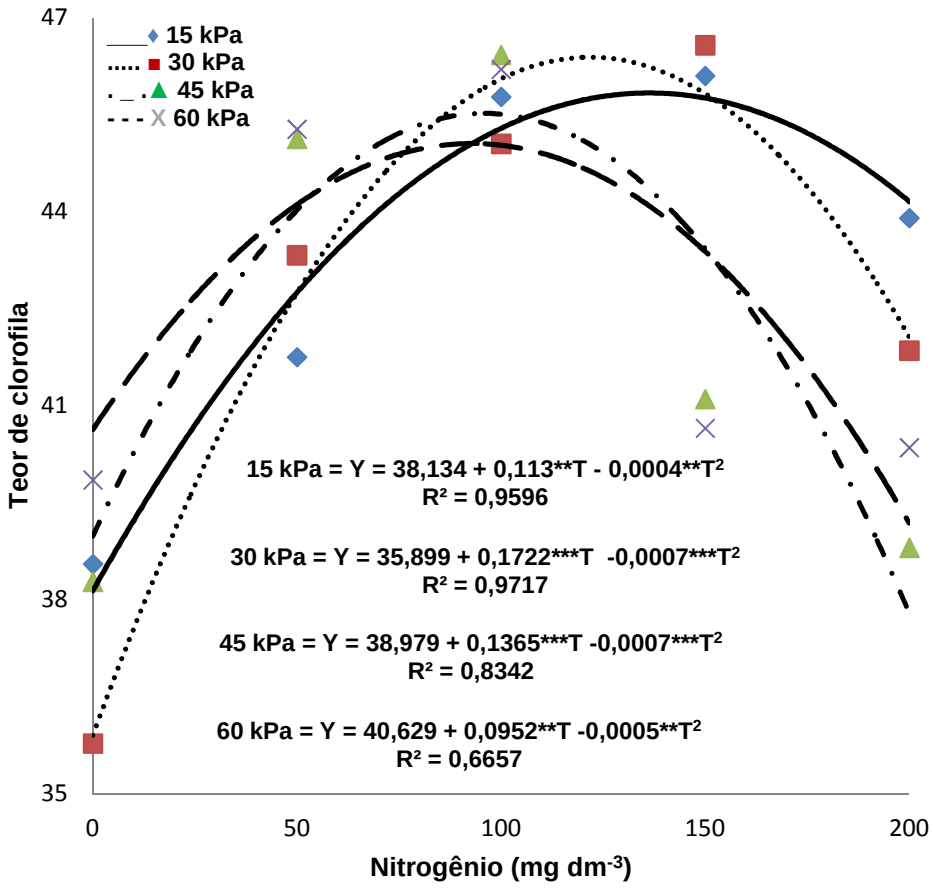

FIGURA 13. Leitura do teor de clorofila da alface nas tensões de água no solo de 15, 30, 45 e 60 kPa em resposta a adubação nitrogenada. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

4.2 Altura de plantas

A altura de plantas de alface foi representada por um modelo de regressão quadrática, no qual a máxima altura (19,01 cm) foi observada na dose de 66,75 mg dm^{-3}, sendo que a partir dessa dose houve um decréscimo no tamanho das plantas de alface (Figura 14). Ao comparar a ausência da aplicação de nitrogênio com a aplicação da dose que proporcionou o maior desenvolvimento das plantas, verificou-se um incremento de 4,67% na altura das plantas de alface. ALMEIDA et al. (2011), observaram que com a deficiência de nitrogênio o crescimento das plantas foi afetado de forma significativa, causando decréscimo na altura das plantas.

Esse resultado verificado no trabalho pode ter ocorrido, devido o nitrogênio ser um macronutriente primário essencial, que participar da formação de proteínas, aminoácidos e de outros compostos importantes no metabolismo das plantas. Sua ausência bloqueia a síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, causando redução do seu tamanho (GUARIZ et al., 2012).

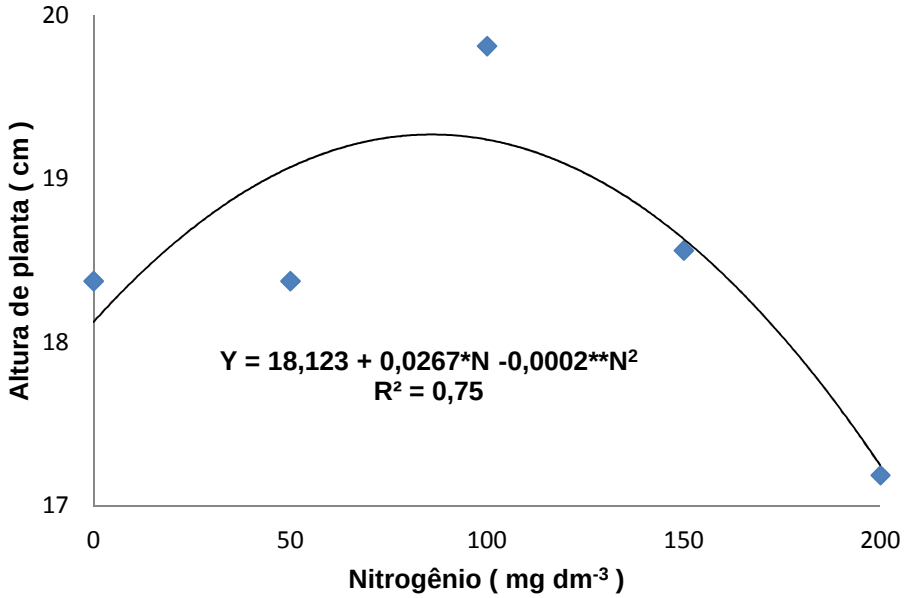

FIGURA 14. Efeito isolado do nitrogênio na altura de planta em resposta a adubação nitrogenada na cultura da alface. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

4.3 Massa fresca de folhas

A massa fresca de folhas decresceu com o aumento da tensão de água no solo até a tensão de 55,13 kPa, sendo verificado para esta tensão a menor massa fresca de folhas, correspondendo a 133,72 gramas (Figura 15) e proporcionando uma redução de 32,33% se comparado o tratamento de 15 kPa com o ponto de mínima (Tensão de 55,13 kPa). Silva e Marouelli (1998) afirmam que as hortaliças cultivadas em solo, sob ambiente protegido e manejadas por gotejamento, de modo geral, apresentam melhor desempenho quando submetidas a tensões da água no solo mais próximas à capacidade de campo, isto é, entre 10,0 kPa e 30,0 kPa, com o sensor instalado a 0,15 m de profundidade. Andrade Júnior (1994), trabalhando com a cultivar de alface americana (Mesa 659) sob cultivo protegido, obteve máxima produção de matéria fresca por planta, quando a tensão da água no solo ficava entre 20,5 a 38,2 kPa ao longo do ciclo da cultura, tensão essa monitorada de forma direta, por meio da umidade gravimétrica e da curva característica da água no solo, nesse intervalo de tensões, foi aplicado uma lâmina de água total de 142,3 mm.

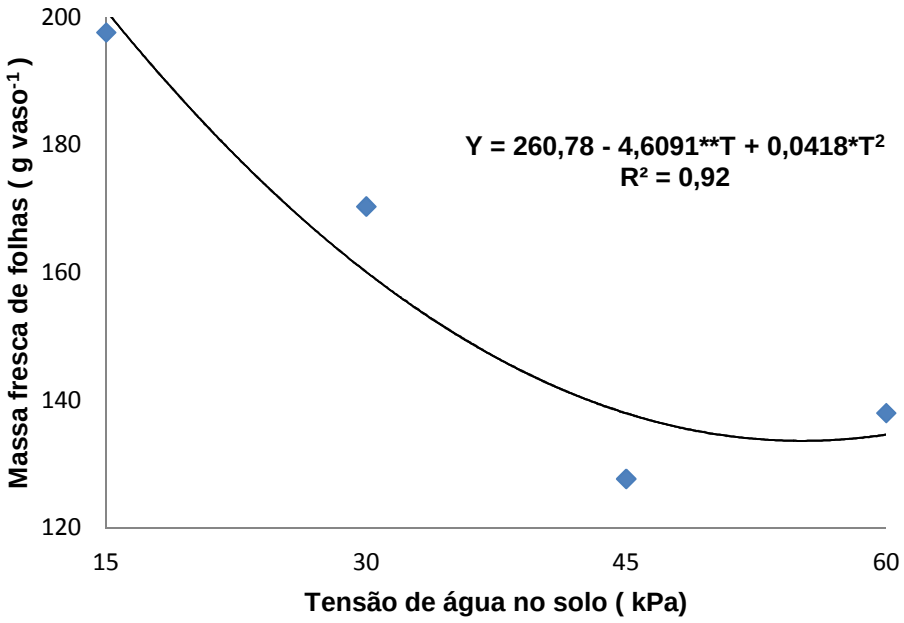

FIGURA 15. Efeito isolado da tensão de água no solo na massa fresca de folhas de alface em resposta a tensões de água no solo. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

4.4 Número de folhas

Para o número de folhas, à medida que se aumentou a tensão de água no solo, houve uma redução no número de folhas em 22,83%, ao comparar a tensão de água no solo de 15 kPa com a de 60 kPa (Figura 16). Santos e Pereira (2004), estudando o efeito de tensões de água no solo no desempenho produtivo da alface americana, cv. Raider, em ambiente protegido, encontraram o máximo de 22,25 folhas por planta para a tensão de 15 kPa, sendo este valor semelhante ao encontrado neste trabalho, para a tensão de água no solo de 15 kPa (19,40 folhas vaso^{-1}).

Essa redução no número de folhas pode ter ocorrido, uma vez que quanto menor a quantidade de água disponível no solo para as plantas maior será a redução do crescimento, pois o déficit hídrico provoca o fechamento dos estômatos, diminuindo a assimilação de CO_2 e, em contrapartida, as atividades fisiológicas das plantas, principalmente a divisão e o crescimento das células (REGO et al., 2004).

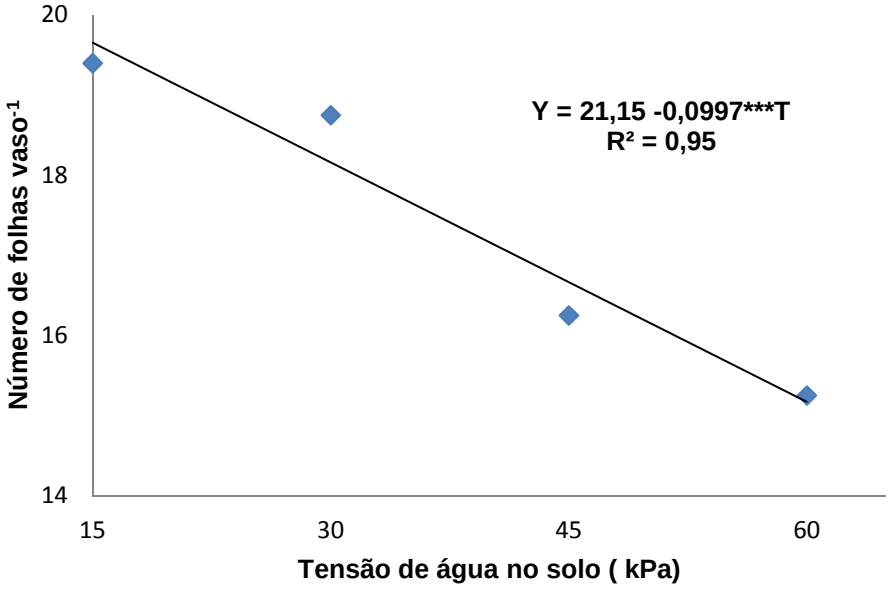

FIGURA 16. Efeito isolado da tensão de água no solo no número de folhas de plantas de alface em resposta a tensões de água no solo. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

4.5 Massa verde da parte aérea total

A massa verde da parte aérea total se ajustou ao modelo de regressão quadrático, sendo que na medida em que se aumentaram as tensões de água no solo, houve decréscimo na massa verde da parte aérea total até a tensão de água no solo de 54,22 kPa, sendo verificado nessa tensão uma massa de 147,85 gramas (Figura 17). Foi observado também um decréscimo de 34,18%, quando comparado a tensão de água no solo de 15 kPa com a de 54,22 kPa. SANTOS et al. (2004), constataram que a matéria fresca da parte comercial das plantas apresentaram resposta linear inversa com o aumento da tensão de água no solo, a 1% de probabilidade, sendo que o máximo peso da matéria fresca da parte comercial foi atingido na tensão de 15 kPa, corroborando com o resultado obtido neste trabalho. Esse resultado deixa evidente a necessidade de fornecer água à cultura frequentemente, pois na tensão de 15 kPa, as irrigações foram aplicadas com maior frequência, porém em menor quantidade, durante cada aplicação. Vilas Boas et al. (2011), trabalhando com tensões que variavam de 15 a 75 kPa na cultura da cebola, também constataram maiores produtividades na tensão de 15 kPa, sendo recomendado pelos autores que se adote essa tensão como momento de irrigar.

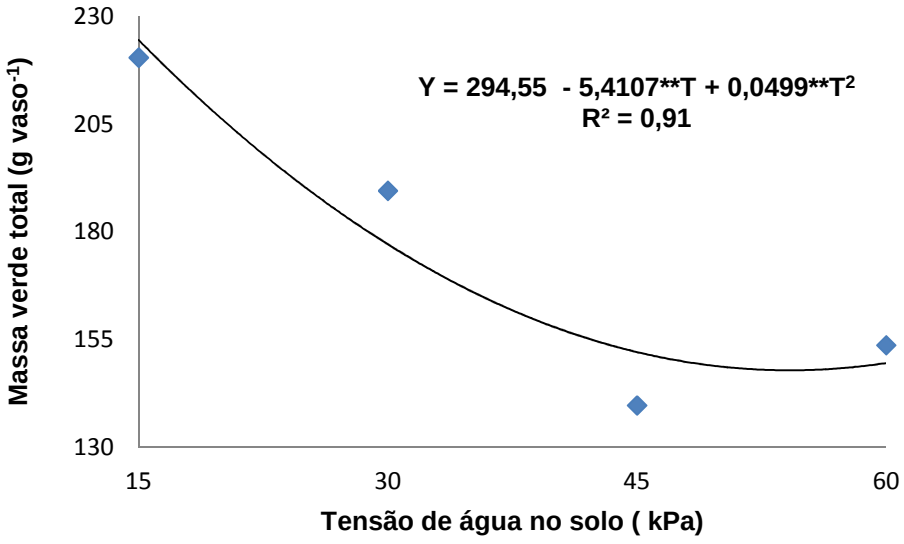

FIGURA 17. Efeito isolado da tensão de água no solo na massa verde da parte aérea total de plantas de alface em resposta a tensões de água no solo. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

4.6 Área foliar

A área foliar (semelhante ao número de folhas) foi representada por um modelo de regressão linear (Figura 18), obtendo-se um decréscimo de 34,41% na área foliar, quando se compara a tensão de 60 kPa com a menor tensão estudada. A água é importante para o crescimento das plantas e em condições de estresse hídrico, as folhas tendem a se expandir menos do que se estivessem em condições hídricas adequadas (FARIAS e SAAD, 2011). Segundo Taiz e Zeizer (2009), quando se tem água mais facilmente disponível para as plantas, elas apresentam maior área foliar e consequentemente, maior transpiração, exigindo assim, maior frequência de irrigação para repor o que foi usado para o metabolismo e liberado para a atmosfera.

Serrano et al. (1992), estudando as tensões de água no solo (10, 30, 50 e 70 kPa) no desenvolvimento produtivo do morangueiro, cultivar Chandler, constataram menor desempenho produtivo nos tratamentos irrigados a 70 kPa, e o aumento na produção nos demais tratamentos, foi atribuído a taxa de assimilação total dessa hortaliça, devido ao aumento na área foliar. Andrade Júnior et al. (1997) e Silva e Marouelli (1998) também mostraram que as tensões entre 10,0 e 38,2 kPa a 15 cm de profundidade propiciaram os melhores resultados produtivos para hortaliças em sistema de cultivo protegido.

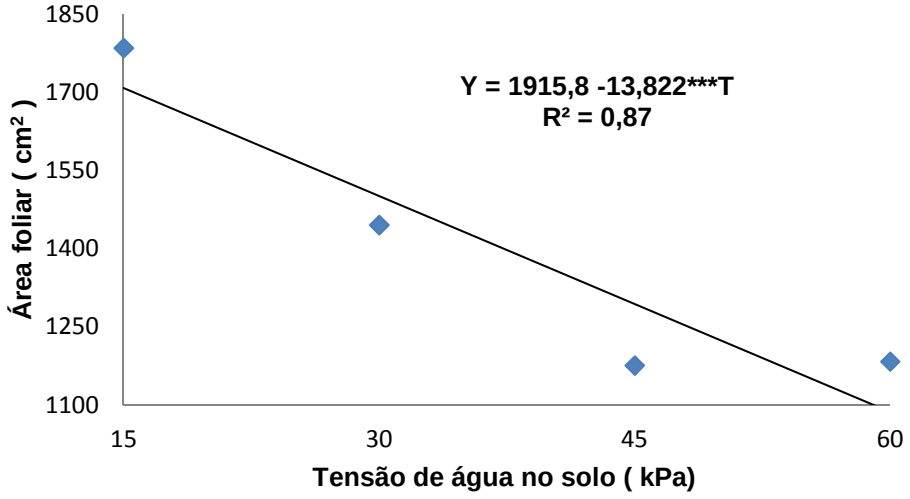

FIGURA 18. Efeito isolado da tensão de água no solo na área foliar de plantas de alface em resposta a tensões de água no solo. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

4.7 Massa seca de folhas

A massa seca de folhas foi representada por um modelo de regressão quadrática, sendo verificado que com o aumento da tensão de água no solo até 53,42 kPa, houve uma redução na massa seca de folhas em 23,20% (Figura 19), sendo que nessa tensão, verificou-se a menor massa seca de folhas (8,8 g). Esse resultado pode ter ocorrido, visto que ao efetuar a irrigação na tensão de água no solo de 15 kPa, o solo se manteve próximo a capacidade de campo resultando no aumento da produtividade da alface americana. Segundo Guimarães (1988), o déficit hídrico ocasiona murchamento das plantas, prejudicando sua fisiologia, culminando em queda de produtividade. Silva et al. (2012), avaliando o efeito de cinco níveis de potencial matricial de água no solo (-15, -35, -55, -75 e -95 kPa) sobre o crescimento e produção do feijão-de-metro, também constataram uma tendência de redução na produção de massa seca de folhas à medida em que reduzia os potenciais matriciais de água no solo.

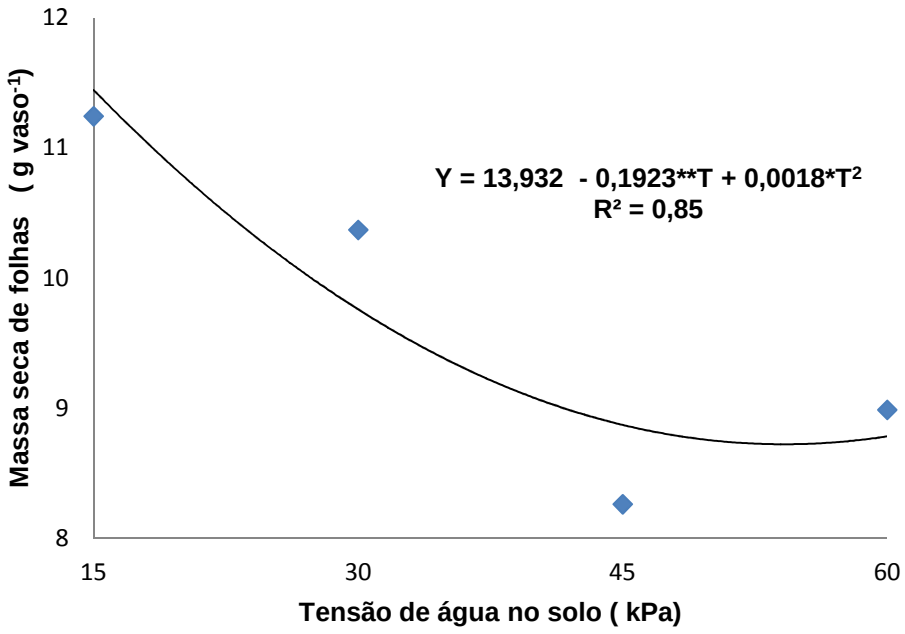

FIGURA 19. Efeito isolado da tensão de água no solo na massa seca da parte aérea de plantas de alface em resposta a tensões de água no solo. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

4.8 Massa seca de raiz

Com o aumento da tensão de água no solo até 27,15 kPa, houve uma redução na massa seca de raiz, sendo que a partir dessa tensão, houve um aumento na massa seca de raiz para o tratamento que não recebeu aplicação de nitrogênio (Figura 20). No solo adubado com 100 mg dm^{-3} de nitrogênio, foi observado um decréscimo na produção de massa seca de raiz de 45% com o aumento das tensões de água no solo. Esse decréscimo na produção com a dose de 100 mg dm^{-3} de nitrogênio pode ter ocorrido pelo fato de que a busca pelo nutriente foi pequena, refletindo em pouco desenvolvimento radicular, já nos tratamentos com a ausência de nitrogênio e déficit hídrico, as plantas desenvolveram mais o sistema radicular, provavelmente na busca pelo nutriente e por água. O mesmo comportamento linear decrescente foi encontrado por Vilas Boas et al. (2011) que, avaliando seis tensões da água no solo (15, 25, 35, 45, 60 e 75 kPa), na cultura da cebola e medidas a 0,20 m de profundidade, constataram que a produtividade de bulbos comerciais apresentou resposta linear decrescente, com o aumento das tensões, sendo alcançado o valor máximo de 47.729,9 kg ha^{-1} com a tensão de 15 kPa.

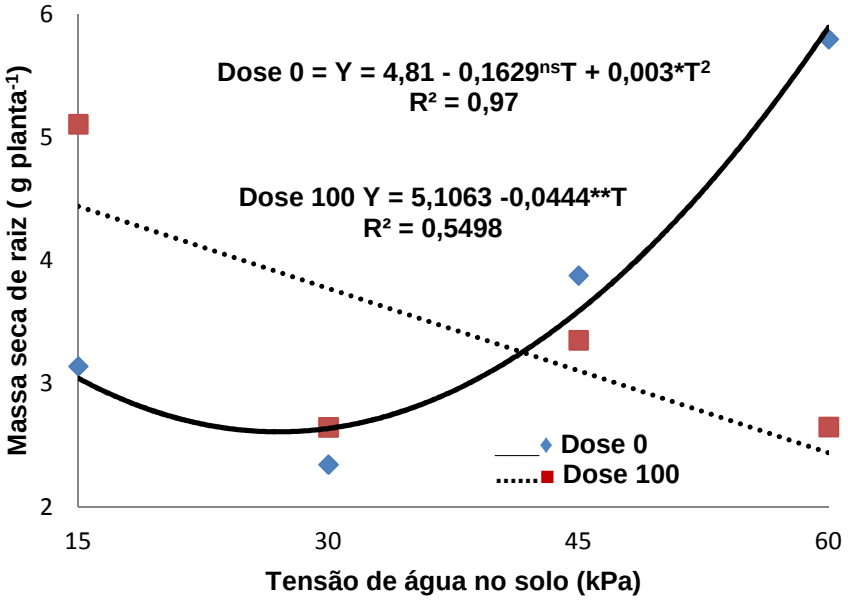

FIGURA 20. Massa seca de raiz de alface adubada com 100 mg dm^{-3} de nitrogênio e sem adubação nitrogenada em resposta as tensões de água no solo. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

A maior massa seca de raiz (4,36 g) foi observada na dose de 69,5 mg dm^{-3} de nitrogênio para a tensão de 15 kPa e a menor (2,39 g) para as unidades experimentais irrigadas a 60 kPa foi verificado no solo adubado com 179 mg dm^{-3} de nitrogênio (Figura 21). Segundo Reichardt e Timm (2004), a umidade do solo influência no transporte de nutrientes que, quando adequada, gera transpiração potencial das plantas arrastando os nutrientes por um fluxo até a superfície radicular. Altos teores de água no solo afetam o crescimento radicular em função do prejuízo do processo de aeração do solo; por outro lado, baixos teores de água também causam danos ao desenvolvimento radicular da planta; além disso, o índice de umidade afeta o comportamento mecânico do solo, o que acaba gerando efeitos na penetração das raízes.

Araújo et al. (2011), avaliando o rendimento da alface (*Lactuca sativa L.*) cv. "Verônica" cultivada sob ambiente protegido, em função de doses de nitrogênio aplicadas via fertirrigação, verificaram que a massa seca de raiz apresentou resposta significativa ($p<0,01$) à adubação nitrogenada, resultando numa equação linear decrescente, obtendo com o tratamento sem adição de nitrogênio o maior valor (0,639 g $planta^{-1}$).

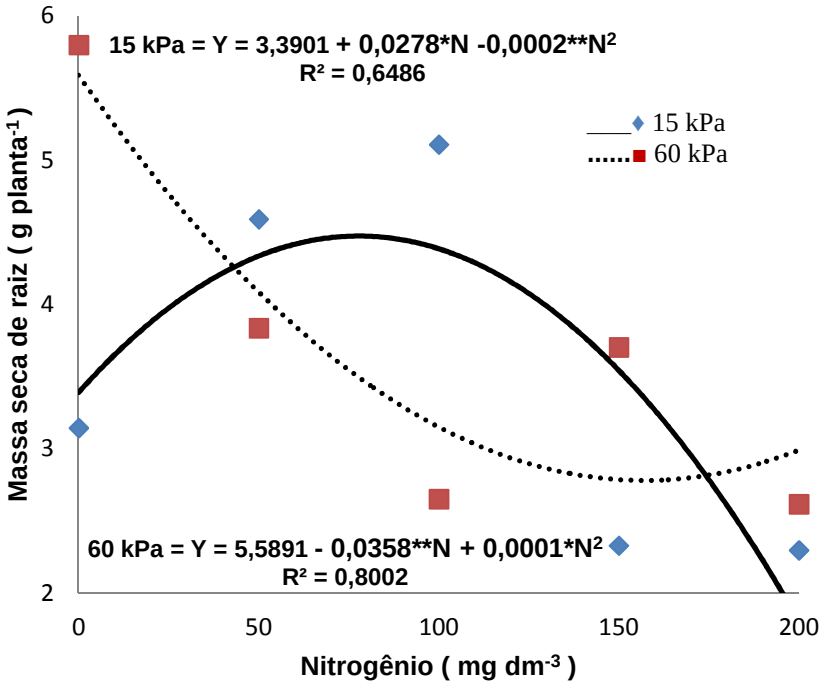

FIGURA 21. Massa seca de raiz de alface nas tensões de 15 e 60 kPa em resposta a adubação nitrogenada. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

4.9 Massa seca da parte aérea total

Foi observado que a massa seca total decresceu até a tensão de água no solo de 52,17 kPa, proporcionando uma massa seca total de 9,76 gramas, o que representa um decréscimo de 25,36%, quando comparado essa tensão de água no solo com a menor tensão estudada (Figura 22). Carvalho et al. (2013), avaliando o efeito de tensões de água no solo no desenvolvimento da cultura do pimentão vermelho em condições controladas, também constataram maior massa seca de plantas, na tensão de água no solo de 15 kPa. Silva et al. (2012), avaliando o efeito de cinco níveis de potencial matricial de água no solo (-15, -35, -55, -75 e -95 kPa) sobre o crescimento e produção do feijão-de-metro (*Vigna Sinensis*), constataram uma tendência de redução na produção de massa seca da parte aérea, a medida em que se reduzia os potenciais matriciais de água no solo e atribuíram-se tais resultados à dificuldade que as plantas de feijão-de-metro tiveram em absorver água, pois numa situação de menor potencial matricial, a água fica retida mais fortemente à superfície dos colóides. Dessa forma, as plantas precisam gastar mais energia para adquirir água, para uso em seus processos fisiológicos vitais, fato que afeta negativamente as características de crescimento.

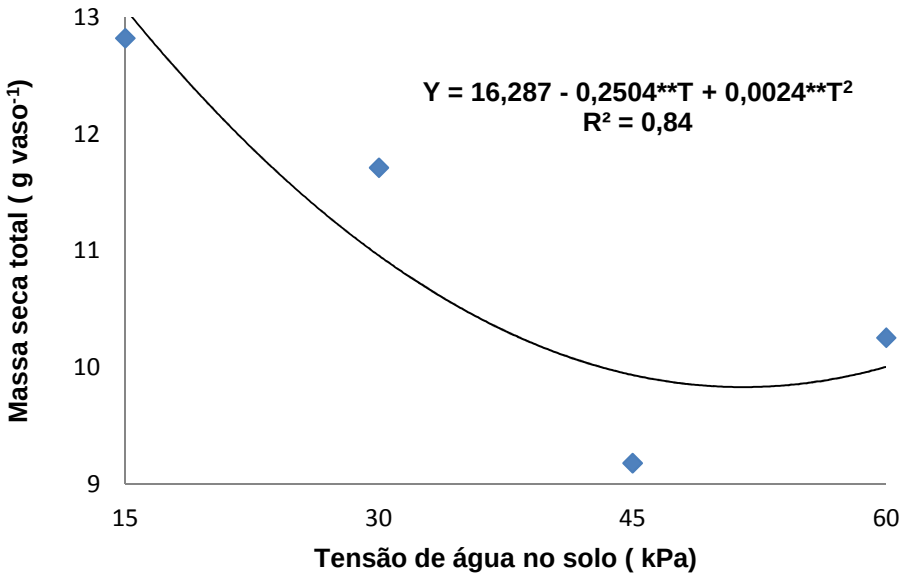

FIGURA 22. Efeito isolado da tensão de água no solo na massa seca total da alface em resposta a tensões de água no solo. ^{ns} Não significativo. ***,** e *, significativo a 0,1; a 1 e a 5%, respectivamente.

4.10 Correlações

Ao analisar a correlação de Pearson, verificou-se uma relação positiva e negativa entre as variáveis estudadas, havendo também variáveis que não apresentaram correlações significativas (Tabela 5).

Verificou-se pela análise de correlação simples entre as variáveis, que o teor de clorofila e a massa seca de raiz não apresentaram correlação significativa com nenhuma das variáveis analisadas, mostrando que essas variáveis não tem ligação direta com à altura de plantas, massa fresca da parte aérea total e das folhas, número de folhas, área foliar, massa seca total da parte aérea e das folhas.

Foi observado que a altura de plantas de alface, possui correlação positiva a 1% de probabilidade com as variáveis massa fresca de folhas e massa fresca da parte aérea total, e a 5% de probabilidade com as variáveis número de folhas e área foliar. Porém, a altura de plantas de alface *cv.* “Rafaela”, não apresentou correlação significativa com as variáveis massa seca de folhas e massa seca da parte aérea total.

A variável massa seca de folhas se correlacionou positivamente a 1% de probabilidade com as variáveis número de folhas, massa fresca da parte aérea total, área foliar, massa seca de folhas e da parte aérea total.

O número de folhas correlacionou positivamente a 5% de probabilidade com a altura de plantas e a 1% com todas as outras variáveis, exceto com o teor de clorofila e com a massa seca de raiz, que não se correlacionaram com nenhuma outra variável. Dessa forma, constatou-se que o número de folhas está diretamente relacionado com a maior produção de massa verde da parte aérea total e das folhas, altura de plantas, área foliar, massa seca de folhas e da parte aérea total.

A massa fresca da parte aérea total também se correlacionou positivamente a 1% de significância com as variáveis área foliar, massa seca de folhas e total. Verifica-se também, que a área foliar correlacionou positivamente a 1% de significância com a massa seca de folhas e da parte aérea total e, ainda, a massa seca de folhas apresentou correlação com a massa seca da parte aérea total.

Tabela 5. Coeficientes de correlações de Pearson das variáveis analisadas para a cultura da alface americana cv. “Rafaela”, Rondonópolis, Mato Grosso

	TC	AP	MFF	NF	MFPA	AF	MSF	MSR	MSPA
SPAD	1	0,1579^{ns}	0,1455^{ns}	0,1089^{ns}	0,1480^{ns}	0,1491^{ns}	0,2008^{ns}	-0,1152^{ns}	0,1938^{ns}
AP		1	0,3080**	0,2343*	0,3301**	0,2309*	0,1461^{ns}	-0,0511^{ns}	0,2001^{ns}
MFF			1	0,7467**	0,9982**	0,8898**	0,8173**	0,0326^{ns}	0,8338**
NF				1	0,7419**	0,6591**	0,6458**	0,0165^{ns}	0,6526**
MFPA					1	0,8817**	0,8211**	0,0351^{ns}	0,8427**
AF						1	0,7157**	0,0261^{ns}	0,7191**
MSF							1	0,0973^{ns}	0,9931**
MSR								1	0,1085^{ns}
MSPA									1

TC – teor de clorofila; AP - altura de planta; MFF – massa fresca de folhas; NF – número de folhas; MFPA – Massa verde da parte aérea total; AF – área foliar; MSF – massa seca de folhas; MSR – massa seca de raiz; MSPA – massa seca da parte aérea total. ^{ns} Não significativo. *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

5 Conclusões

Diante das condições em que o experimento foi desenvolvido e dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

a) Para a obtenção dos maiores valores de massa fresca de folhas, número de folhas, massa verde da parte aérea total, área foliar, massa seca de folhas e massa seca da parte aérea total, deve-se irrigar no momento em que a tensão de água no solo estiver em torno de 15 kPa;
b) Para a obtenção de maior altura de plantas de alface *cv.* “Rafaela” (19,01) deve-se aplicar a dose de 66,75 mg dm^{-3} de nitrogênio.
c) O maior teor de clorofila (46,11) ocorreu com a aplicação de 141,25 mg dm^{-3} de nitrogênio e com a tensão de água no solo em torno de 15 kPa.
d) Na ausência de adubação nitrogenada e maior déficit hídrico, ocorreu um maior desenvolvimento da massa seca de raiz.

6 Referências Bibliográficas

ALMEIDA T. B. F. et al. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Biotemas**, v. 24, n. 2, p. 27-36, 2011.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Manejo da irrigação na cultura da alface (Lactuca sativa L.) através do tanque classe A.** 1994. 104 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

ANDRADE JÚNIOR A. S.; KLAR A. E. Manejo da irrigação da cultura da alface (Lactuca sativaL.) através do tanque classe A. **Scientia agrícola**, v.54, n. 2 31-38, 1997.

ARAÚJO, W. F. et al. Resposta da alface a adubação nitrogenada. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 12-17, 2011.

BARROS JÚNIOR, A. P. et al. Produção e valor agroeconômico no consórcio entre cultivares de coentro e de alface. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.184-188, abr-jun. 2005.

BENEDETTO, A. D. Manejo de cultivos hortícolas: bases ecofisiológicas y tecnológicas. Buenos Aires: **OGE**, 2005. p. 373.

BENINNI, E. R. Y. et al. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 273-282, 2005.

CARDOSO, G. G. D. G., KLAR, A. E. Fracionamento da fertirrigação e seu efeito na produção da alface sob ambiente protegido. **Irriga**, v.16 n.3, 2011.

CARVALHO, J. A. et al. Efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico e de doses de nitrogênio sobre a produção do pimentão**. Engenharia Agrícola**, v. 21, n.3, p. 262-269, 2001.

CARVALHO, J. A. et al. Análise produtiva e econômica do pimentão-vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p.569-574, jun. 2011.

CARVALHO, K. S. et al. Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 8, n. 15, p. 1545-1553, 2012.

CARVALHO, K. S. et al. Cultivo de pimentão vermelho submetido à tensões de água no solo. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 9, n. 16, p. 659-667, 2013.

CECATTO, ANA PAULA. **Sistemas de cultivo do morangueiro, figueira e alface sob consórcio e monocultivo em ambiente protegido**. 2012. p.199. Dissertação de mestrado (Mestrado em Agronomia). Universidade de Passo Fundo, 2012.

CERMEÑO, Z. S. Invernaderos: Instalação y Manejo. Espanha: Litexa, 1990. 353p. CERMEÑO, Z.S. Invernaderos: Instalação y Manejo. Espanha: Litexa, 1990. 353p.

COCKSHULL, K. E. Plant responses and adaptation to water issues in the greenhouse environment. **Acta Horticulturae**, v.458, n.1, p.201-206, 1998.

DUPONT, M. S. et al. Effect of variety, processing, and storage on the flavonoid glycoside content and composition of lettuce and endive. **Jounal of Agricultural Food Chemistry**, v. 48, n.9, p.3957–3964, 2000.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**. 1997. 212p.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Embrapa Solos**. Ed. 3. 353p. 2013.

FAQUIN V.; ANDRADE A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE. 2004. 88p.

FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C.. Análise de crescimento do crisântemo de vaso, cultivar Puritan, irrigado em diferentes tensões de água em ambiente protegido= Analysis of the growth of pot chrysanthemum, Puritan cultivar, irrigated under different substrate water tensions in greenhouse. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 33, n.1, 2011.

FERREIRA,V. P. **Doses e parcelamento de nitrogênio em alface**. 2002. 56 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n.1, p. 36-41, 2008.

FIGUEIRÊDO S. F. 1998. **Estabelecimento do momento de irrigação com base na tensão de água no solo para a cultura do feijoeiro**. Piracicaba: USP-ESALQ. 1998. 72p. (Tese mestrado). 1998.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: Universidade de Viçosa, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 412 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 421 p.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: Instituto Agronômico, 1998. 30 p. (Boletim Técnico168).

GEISENHOFF, L. O. **Produção de alface americana utilizando mulching dupla face, sob diferentes tensões de água no solo**. 2008. 77p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

GENUCHTEN, M. T. V. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American journal**, Madison, v. 44, p. 288 - 291, 1980.

GOTO R; GUIMARÃES V. F; ECHER M. M. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: FOLEGATTI MV; CASARINI E; BLANCO FF; BRASIL RPC; RESENDE RS (coord) **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, v.2, p.241-268, 2001.

GUALBERTO R; OLIVEIRA P. S. R; GUIMARÃES A. M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira,** vol. 27, n.1, p.007-011, 2009.

GUARIZ, Hugo Roldi et al. Descrição sintomatológica de deficiência nutricional na mamona durante seu desenvolvimento inicial. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 07-12, 2012.

GUIMARÃES, C. M. Efeitos fisiológicos do estresse hídrico. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 157-174.

HAAG, H.P; MINANI, K. **Nutrição mineral em hortaliças**. 2º Ed. Fundação Cargill. Campinas, SP. p.52-59, 1988.

HENZ, G.P.; SUINAGA, F. Tipos de alface cultivados no Brasil. Brasília: **Embrapa 203 Hortaliças**, p.7. 2009. (Comunicado Técnico, 75).

HIGASHI-OKAI, K., OTANI, S., OKAI, Y. Potent suppressive activity of pheophytin a and b from the nonpolyphenolic fraction of green tea (Camellia sinensis) against tumor promotion in mouse skin. **Cancer Letters**, v.129, n.2, p. 223–228, 1998.

HUERTA, A. S. Comparación de métodos de laboratório y de campo para el área del cafeto. **Cenicafé**. Chinchiná, v.13, n.1, p.33-42. 1962.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (**IAC**). Hortaliças: alface. Disponível em <http://www.iac.sp.gov.br/ Tecnologias/Alface/Alface> (Acesso em 23/03/12).

KOETZ, M. et al. Efeito de doses de potássio e da frequência de irrigação na produção da alface americana em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 3, p. 730-737, 2006.

LLORACH, R. et al. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. **Food Chemistry**, v. 108, n. 3, p. 1028-1038, 2008.

MAGGI, M. F. et al. Produção de variedades de alface sob diferentes potenciais de água no solo em ambiente protegido. **Irriga**, v. 11, n. 03, p. 415-427, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. Ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

MALUF, W. R. **Produção de hortaliças I**. Lavras: UFLA, p.70, 2001. (Apostila).

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. Produção de alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, p. 758-762, 2005.

MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L.; CHITARRA, A.B; PRADO, M. E. T. Qualidade de alface crespa minimamente processada armazenada sob refrigeração em dois sistemas de embalagem. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.4, p. 504-508, 2007.

MORGAN, K. T.; PARSONS, L. R.; WHEATON, T. A. Comparison of laboratory - and field - derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. **Plant and Soil, Dordrecht**, v.234, n.2, p.153-157, 2001.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. 5 ed. Brasília, DF: **EMBRAPA**, 1998. 72 p.

MULABAGAL, Vanisree et al. In vitro evaluation of red and green lettuce (Lactuca sativa) for functional food properties. **Food Chemistry**, v. 118, p. 300-306, 2010.

NAUTIYAL, S et al. Plant responses to water stress: changes in growth dry matter production, stomatal frequency and leaf anatomy. **Biologia Plantarum**. v.36, p.91-97. 1994.

NICOLLE, C. et al. Characterisation and variation of antioxidant micronutrients in lettuce (Lactuca sativa folium). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, n.15, p. 2061–2069, 2004.

OLIVEIRA, A. M. C. Avaliação da qualidade higiênica de alface minimamente processada, comercializada em Fortaleza, CE. **Higiene Alimentar**, v.19, n.135, p.80-85, 2005.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgotos no solo, através de escoamento à superfície, com utilização de gramíneas: avaliação do processo quanto aos aspectos sanitários.** 1997. 232p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PEREIRA, O. C. N. et al. Produção de alface em função de água e de nitrogênio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 25, n. 2, p. 381-386, 2003.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9 ed. São Paulo: Nobel, p.543, 1986.

REIS, J. M. R., RODRIGUES, J. F., ALMEIDA, M. R. Comportamento da alface crespa em função do parcelamento da adubação de cobertura. **Global science and technology**, v.5 n.2. 2012.

REGHIN, M. Y. et al. Cultivo de alface com proteção de agrotêxtil em diferentes períodos. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, julho, 2002. Suplemento.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera**: Conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, ed. 1, 500p. 2004.

REGO, J. L. et al. Efeitos de níveis de irrigação sobre a cultura do crisântemo. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, n.2 p.302-308, 2004.

SANTANA, C. V. S.; ALMEIDA, A. C.; TURCO, S. H. N. Produção de alface roxa em ambientes sombreados na região do submédio São Francisco – BA. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 3, p. 1-6, 2009.

SANTOS, R. H. S. et al. Conservação pós-colheita de alface cultivada com composto orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 521-525, 2001.

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

SERRANO, L. et al. Effects of irrigation regimes on the yield and water use of strawberry. **Irrigation Science**, Heidelberg, v. 13, n. 1, p. 45-48, 1992.

SETTE, D. M.; TARIFA, J. R**. Intergeo, Interações no Espaço Geográfico**: Clima e Ambiente Urbano Tropical: O caso de Rondonópolis - MT, p. 200, 2001.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 5.ed. Guaíba: Agropecuária, 342p. 1995.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura, a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. Porto Alegre: Plasticultura Gaúcha. 297p. 1997.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: FARIA, M. A.; SILVA, E. L.; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. (Ed.). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, p.311-48. 1998.

SILVA, V. F. et al. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, v.18, n. 3, p. 183-187. 2000.

SILVA, F. C. et al. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 831- 840, 2001.

SILVA, P. A. M. et al. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.4, p.1266-1271, 2008.

SILVA, W. G. et al. Irrigation scheduling for asparagus bean in vegetative and productive stages in greenhouse. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 978-984, 2012.

SILVA, Verônica Dias; Queiroz, Sérgio Oliveira Pinto. Manejo de água para produção de alface em ambiente protegido. **Irriga**, v. 18, n. 1, 2013.

SOUZA, P. A. et al. Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n.3, p. 754-757, jul/set.2005.

SOUZA, C. M. P. **Alterações em elementos agrometeorológicos relacionados com a orientação geográfica de estufa de polietileno.** 2003. 84 f. (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

VIDIGAL, S. M. et al. Resposta da alface (Lactuca sativa L.) ao efeito residual da adubação orgânica. I – Ensaio de campo. **Revista Ceres**, v.42, n. 239, p.80-88. 1995.

VILLAS BÔAS, R. L. et al. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 28-34. 2004.

VILAS BOAS, R. C. et al. 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. et al. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 781-788, jul./ago., 2011.