



JONATHAN DA ROCHA MIRANDA

**PRODUTIVIDADE DA BETERRABA SOB
DIFERENTES TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO,
IRRIGADA POR GOTEJAMENTO**

LAVRAS – MG

2017

JONATHAN DA ROCHA MIRANDA

**PRODUTIVIDADE DA BETERRABA SOB DIFERENTES TENSÕES
DE ÁGUA NO SOLO, IRRIGADA POR GOTEJAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo de Irrigação e Drenagem, para a obtenção do título de Mestre.

Dr. Geraldo Magela Pereira – DEG / UFLA

Orientador

Dr. Rovilson José de Souza – DAG/UFLA

Coorientador

LAVRAS – MG

2017

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Miranda, Jonathan da Rocha.

Produtividade da beterraba sob diferentes tensões de água no solo, irrigada por gotejamento / Jonathan da Rocha Miranda. - 2017.

57 p.

Orientador(a): Geraldo Magela Pereira.

Coorientador(a): Rovilson José de Souza.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Manejo de irrigação. 2. Ambiente protegido. 3. Beta vulgaris L. I. Pereira, Geraldo Magela. II. de Souza, Rovilson José. III. Título.

JONATHAN DA ROCHA MIRANDA

**PRODUTIVIDADE DA BETERRABA SOB DIFERENTES TENSÕES DE
ÁGUA NO SOLO, IRRIGADA POR GOTEJAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, área de concentração em Engenharia e Manejo de Irrigação e Drenagem, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 02 de fevereiro de 2017.

Dr. Rovilson José de Souza UFLA

Dr. Fábio Ponciano De Deus UFLA

Dr. Joelma Rezende Durão Pereira Uni - Lavras

Dr. Geraldo Magela Pereira

Orientador

LAVRAS – MG

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço à aquele, que me permitiu tudo isso, ao longo de toda a minha vida, e, não somente nestes anos como universitário, é a Ele que dirijo minha maior gratidão. Deus, mais do que me criar, deu propósito à minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Engenharia de Água e Solo, pela oportunidade.

A CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos professores das disciplinas cursadas, pelos ensinamentos e amizade.

Ao professor Geraldo Magela Pereira (orientador), pelo apoio, amizade e pelos ensinamentos no decorrer desse curso.

Aos professores coorientadores Rovilson José de Souza e Luís Antônio Lima pelo auxílio na condução do experimento e observações.

Dedico esta conquista a minha família em especial aos meus pais que é a base de tudo que sou. Ao que me foi concebido, agradeço aos amigos conquistado. Não poderia deixar de esquecer aos meus irmãos que sempre me apoiaram e pude contar. A todos que marcaram a minha vida para sempre.

RESUMO

Objetivou-se com este estudo, avaliar o efeito de diferentes tensões de água no solo sobre a produção de beterraba, cultivada em ambiente protegido e irrigada por gotejamento, de forma a estabelecer critérios para o manejo adequado da irrigação. O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período de fevereiro a maio de 2016. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados (DBC), com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de seis tensões de água no solo (15, 25, 35, 45, 55 e 65 kPa). As tensões de água no solo foram monitoradas com base nos sensores de matriz granular, watermark® instalados a 0,15 m (sensores de decisão) e 0,3 m (controle de percolação) de profundidade. Dos resultados obtidos, conclui-se que para a obtenção de maiores valores de produtividade e eficiência no uso da água, as irrigações devem ser realizadas quando a tensão de água no solo estiver em torno de 15 kPa, a uma profundidade de 0,15 m.

Palavras-chave: Manejo de irrigação; Ambiente protegido; *Beta vulgaris L.*

ABSTRACT

This work aimed at evaluating the effect of different soil water tensions on beet production, cultivated in a protected environment and under drip irrigation, in a manner to establish criteria for the adequate management of irrigation. The experiment was conducted in the experimental area of the engineering department of Universidade Federal de Lavras (UFLA), in the period from February to May of 2016. A completely randomized blocks design was used, with six treatments and four replicates. The treatments constituted of six soil water tensions (15, 25, 35, 45, 55 and 65 kPa). The soil water tensions were monitored based on the Granular Matrix Sensor – GSM, Watermark®, installed at 0.15 m (decision sensors) and at 0.3 m (seepage control) of depth. From the results, it was concluded that to obtain higher yield and efficiency of water use, the irrigations must be performed when the soil water tension is at around 15 kPa, at a depth of 0.15m.

Key words: irrigation management; Protected environment; *Beta vulgaris L.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localização espacial da área de estudo	20
Figura 2 Média mensal da temperatura e precipitação no período de 1998 a 2014	21
Figura 3 Curva de retenção da água no solo, ajustada pelo modelo de Van Genuchten (1980)	22
Figura 4 Delimitação das parcelas experimentais e localização dos sensores	24
Figura 5 Esquema de uma parcela experimental, com o sistema de irrigação implantado e os sensores de umidade.....	25
Figura 6 Temperatura diária máxima, mínima e média do ar, ocorrida no interior da casa de vegetação.....	33
Figura 7 Plantas de beterraba, submetidas nas diferentes tensões de água no solo correspondentes aos tratamentos estudados.	35
Figura 8 Tratamento de 55 kPa em diferentes horários (A) 9 h e (B) 14 h.....	35
Figura 9 Umidade relativa (%) diária máxima, mínima e média do ar ocorrida no interior da casa de vegetação.....	36
Figura 10 Variação das tensões de água no solo à 15 cm, ocorrida após a diferenciação dos tratamentos (A) 15 kPa, (B) 25 kPa, (C) 35 kPa, (D) 45 kPa, (E) 55 kPa, (F) 65 kPa.....	38
Figura 11 Efeito de diferentes valores de tensão de água, na massa fresca da raiz (MFR).....	39
Figura 12 Efeito de diferentes valores de tensão de água, na massa fresca da parte aérea (MFPA).....	40
Figura 13 Efeito de diferentes valores de tensão de água, no diâmetro da raiz tuberosa	42
Figura 14 Efeito de diferentes valores de tensão de água no comprimento das folhas	43
Figura 15 Efeito de diferentes valores de tensão de água, no número de folhas	44
Figura 16 Efeito de diferentes valores de tensão de água na produtividade total	45
Figura 17 Efeito de diferentes valores de tensão de água no solo na Eficiência do Uso da Água (EUA)	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos da amostra composta do solo da área experimental.....	23
Tabela 2 - Classificação do coeficiente de variação total da vazão (CVt).....	27
Tabela 3 - Lâminas de água aplicadas nos dias após o transplântio (DAT), até o início da diferenciação dos tratamentos	28
Tabela 4 - Épocas de aplicação, fontes de nutrientes e dosagens dos adubos ...	29
Tabela 5 - Macro e micro nutrientes aplicados via foliar e sua respectiva dosagem	29
Tabela 6 - Temperatura máxima, mínima e média do ar, a partir do 10º dia após o transplântio, no interior da casa de vegetação.....	34
Tabela 7 - Tensões de água no solo a 15 cm, lâminas aplicadas antes do início dos tratamentos (Inicial), durante a condução do experimento (Irrig), lâmina total aplicada (Total), lâmina média por irrigação(Lmpi), número de irrigação (NI).	37
Tabela 8 - Resumo da análise de variância e de regressão para a Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Massa Fresca da Raiz (MFR) em função da tensão da água no solo.	39
Tabela 9 - Resumo da análise de variância e regressão para o comprimento e diâmetro médio da raiz tuberosa, em função das tensões de água no solo.	41
Tabela 10 - Resumo da análise de variância e regressão para o comprimento e número de folhas, em função das tensões de água no solo.	43
Tabela 11 - Resumo da análise de variância e regressão para a produtividade ..	45
Tabela 12 - Resumo da análise de variância e regressão para a Eficiência do Uso da Água (EUA) em função das tensões de água no solo.	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 A CULTURA DA BETERRABA	13
2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	13
2.3 MANEJO DE IRRIGAÇÃO.....	14
2.3.1 Manejo da irrigação por base na demanda atmosférica	14
2.3.2 Manejo de irrigação baseado na água no solo.....	15
2.4 CULTIVO DE BETERRABA EM AMBIENTE PROTEGIDO.....	16
2.4.1 Radiação.....	17
2.4.2 Temperatura e umidade.....	17
2.4.3 Irrigação	18
2.4.4 Adubação	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	20
3.2 CLIMA.....	21
3.3 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO.....	21
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	23
3.5 SISTEMA E MANEJO DE IRRIGAÇÃO	25
3.6 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	27
3.7 PRÁTICAS CULTURAIS	28
3.7.1 Adubação	28
3.7.2 Controle de pragas e ervas daninhas	29
3.8 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	30
3.9 VARIÁVEIS A SEREM ANALISADAS	30
3.9.1 Diâmetro transversal da raiz tuberosa.....	30
3.9.2 Massa fresca da parte aérea e da raiz tuberosa.....	31
3.9.3 Número e comprimento das folhas	31
3.9.4 Produtividade total	31
3.9.5 Eficiência no uso da água (EUA).....	31
3.10 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA CASA DE VEGETAÇÃO.....	33
4.2 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	36
4.3 TENSÕES E LÂMINAS APLICADAS	37
4.4 MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA (MFPA) E DA RAIZ TUBEROSA (MFR)	39
4.5 DIÂMETRO DA RAIZ TUBEROSA	41
4.6 NÚMERO E COMPRIMENTO DA MAIOR FOLHA	42
4.7 PRODUTIVIDADE TOTAL.....	44
4.8 EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA (EUA).....	46
5 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris L.*) é considerada uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil. O cultivo de beterraba representa 2,1 % do mercado nacional de hortaliças com produtividades oscilando entre 20 e 35 t.ha⁻¹ (NASCIMENTO, 2012). As principais regiões produtoras de beterraba estão nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul, onde encontram-se 42% das propriedades produtoras. No Nordeste, seu cultivo é reduzido, pois as temperaturas mais elevadas tendem a reduzir a pigmentação e conseqüentemente a qualidade do produto (GRANGEIRO et al., 2007)

Em Minas Gerais a comercialização nas centrais de abastecimento gira em torno de 23 mil toneladas anual, sendo 62 % oriundas da mesorregião Campo das Vertentes com destaque do município de Carandaí sendo o maior fornecedor da hortaliça do estado (Central de Abastecimento de Minas Gerais - CEASA-MG, 2015). Esta região é estrategicamente favorável no que se refere ao clima, altitude e localização geográfica se posicionando em locais próximos as vias de fácil acesso para as grandes metrópoles de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro.

No que se refere as condições edafoclimáticas a mesorregião Campo das Vertentes atende as necessidades da cultura. Conforme Tivelli et al. (2011), a cultura pode ser semeada durante o ano todo desde que a região produtora tenha a temperatura média anual inferior a 25 °C e altitude superior a 800 metros.

A beterraba desempenha um importante papel na composição de cultivo de hortaliças praticados por pequenos produtores, que em sua maioria exploram a beterraba de forma empírica e com práticas culturais largamente dependentes de mão-de-obra. A adoção das técnicas de manejo de irrigação pode beneficiar diversos segmentos econômicos para o produtor, como uma melhor eficiência do uso da água e energia, o que possibilita um aproveitamento dos recursos hídricos e aumento de renda. A adoção do critério de manejo da cultura a ser estabelecido vai depender ao nível de tecnificação da propriedade, disponibilidade de água e a sua rentabilidade (PIRES et al., 2008).

Para a maioria das hortaliças, o excesso de água é tão prejudicial quanto a deficiência podendo ocasionar em distúrbios fisiológicos que inviabilizam a comercialização (SOUZA et al., 2007). Portanto manter a umidade do solo dentro da faixa de necessidade da cultura trabalhada, ou seja, o manejo de irrigação constitui como fator determinante na obtenção de produtos de alta qualidade.

Neste sentido, o manejo adequado da irrigação, pode garantir uma produção de melhor qualidade, quantidade e regularidade do produto frente as exigências do mercado consumidor. Assim sendo, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de diferentes tensões de água no solo sobre a produção da beterraba, irrigada por gotejamento em ambiente protegido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da beterraba

A beterraba (*Beta vulgaris L.*) pertence à família Quenopodiácea, apresenta a raiz tuberosa de formato globular que se desenvolve quase à superfície do solo. Sendo de origem de regiões de clima temperado da Europa e norte da África (RESENDE; CORDEIRO, 2007). A forma primitiva da beterraba cultivada corresponde a (*Beta vulgaris perennis*), dessa a qual se desenvolveu para as subespécies beterraba açucareira (*Beta vulgaris altíssima*) destinada para produção de açúcar, beterraba forrageira (*Beta vulgaris crassa*) cultivada principalmente para a alimentação animal e a beterraba de mesa (*Beta vulgaris esculenta*), sendo esta destinada para consumo *in natura* da raiz tuberosa (CÁSSERES, 1980; TIVELLI et al., 2011)..

As cultivares desenvolvidas no Brasil são de origens norte-americana ou europeia, sendo grande parte do grupo Wonder, que possuem como aspecto físico o formato globular e de excelente adaptação, de ciclo mais curto e peso médio das plantas superior as demais cultivares. Sendo este o biótipo mais cultivado no Brasil devido à sua alta demanda de consumo da raiz tuberosa *in natura* (TIVELLI et al., 2011).

2.2 Importância econômica

A beterraba desempenha um importante papel na composição de cultivo de hortaliças praticados por pequenos produtores. Segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas - ABCSEM (2013), a cultura representa uma das 18 hortaliças propagadas por sementes de maior importância no mercado brasileiro. Os produtores de beterraba movimentaram 192 milhões de reais no ano de 2012, no varejo a cadeia produtiva desta hortaliça atingiu cerca de 618,8 milhões de reais, no levantamento para o mesmo ano.

Segundo a Central de Abastecimento de Minas Gerais S.A (CEASA-MG, 2015), a produção da beterraba no estado gira em torno de 23 mil toneladas

anual. Com destaque para a mesorregião Campo das Vertentes no qual foi responsável por cerca de 62% da produção para o ano de 2015, esta região tem o destaque de possuir um clima favorável e vias de fácil acesso para as grandes metrópoles de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro.

2.3 Manejo de irrigação

A necessidade de água das plantas varia com a sua fase de desenvolvimento e com as condições climáticas locais (OLIVEIRA et al., 2008). Montavani, Bernardo e Palaretti (2009), definem que o momento correto e quantidade demandada de água pela cultura cultivada, requer o conhecimento amplo dos processos de transferência no sistema solo, água, planta e atmosfera.

A irrigação deve ser realizada no momento em que a deficiência de água no solo for capaz de causar um decréscimo acentuado nas atividades fisiológicas da planta e, conseqüentemente na produtividade (MAROUELLI et al., 2011). Para Oliveira, Ramos e Aquino (2005), deve-se monitorar e quantificar periodicamente o consumo de água pelas plantas, possibilitando determinar o tempo de funcionamento do sistema de irrigação.

De acordo com Carvalho e Oliveira (2012), o método mais usual de manejo consiste na aquisição de dados meteorológicos locais e balanço de água no solo. Os autores ressaltam que embora os parâmetros fisiológicos reflitam de forma mais real as necessidades hídricas da planta, esta atividade é pouca difundida devido a poucas metodologias, devido à complexidade dos equipamentos utilizados para este fim.

2.3.1 Manejo da irrigação por base na demanda atmosférica

O consumo hídrico das plantas é definido pela quantidade de água que é transferida para a atmosfera em forma vapor, promovido pelo processo de transpiração das plantas e da evaporação na superfície do solo, que em conjunto constituem a evapotranspiração (CARVALHO; OLIVEIRA, 2012).

O manejo de irrigação com base na evapotranspiração, requer que se ajuste o fator de disponibilidade (f) e o coeficiente da cultura (kc). O fator de disponibilidade se refere a quantidade de água disponível no solo que determinada cultura pode consumir e desenvolver plenamente. Segundo Doorenbos e Kassam (1979), este fator é dependente da sensibilidade da cultura ao déficit hídrico e da demanda evapotranspirométrica local. Já o coeficiente da cultura (kc), é definido como o fator de ajuste entre a evapotranspiração de referência e real da cultura (ALBURQUEQUE et al., 2002).

Para cultura da beterraba, Allen et al. (1991) considera valor de 0,5 para o fator de disponibilidade (f) de água no solo para irrigações sem estresse hídrico considerando a evapotranspiração de aproximadamente 5 mm dia⁻¹. Em relação ao kc, os autores recomendam o valor máximo de 1,1. Silva et al. (2014), avaliou o kc para cultura de beterraba em diferentes níveis de salinidade, encontrou o máximo de kc inferior a 0,7. Oliveira Neto et al. (2011), utilizando diferentes coberturas mortas em cultivo de beterraba cultivada no verão, obteve o máximo kc de 1,2. Essa variação pode ter sido atribuídas pelas condições locais, variedades e as condições de cultivo.

O manejo pode ser realizado fixando a lâmina de água aplicada ou o turno de rega. No manejo por lâmina fixa, determina-se o limite de decréscimo do conteúdo de água no solo que pode existir de modo que não se comprometa o desenvolvimento da planta. Na prática, se quantifica-se a lâmina que foi perdida pelo processo de evapotranspiração de tal modo que, o total acumulado não ultrapasse a lâmina fixada. Já no manejo por turno de rega fixo, defini-se o intervalo entre irrigações por base na capacidade de campo e da demanda evapotranspirométrica. A lâmina de água aplicada é calculada pelo acumulado da evapotranspiração entre os intervalo da irrigação (CARVALHO; OLIVEIRA, 2012).

2.3.2 Manejo de irrigação baseado na água no solo

O manejo da irrigação por sensores de água do solo está dentre os mais difundidos no meio agrícola, devido ao fácil manuseio dos aparelhos e sua

aquisição no mercado (AZEVEDO; SILVA, 1999). O acompanhamento da umidade do solo, deve ser realizado na região de maior concentração de raízes, o objetivo é irrigar quando o teor de água no solo atingir um valor crítico, neste momento se aplica uma quantidade de água suficiente para elevar o armazenamento de água no solo até a capacidade de campo (FRIZZONE et al., 2012).

O sensor de matriz granular (*watermark*®) fornece de forma indireta o teor de água no solo. A medida deste sensor se baseia na medida da resistência do solo a passagem de corrente elétrica, ele contém uma matriz granular conectado a um medidor de corrente elétrica que converte automaticamente em tensão de água no solo. O sensor tem a capacidade de monitorar a tensão de água no solo na faixa de 0 a 200 kPa, que é a faixa onde se ocorre a maior parte do fluxo de energia no solo (CARVALHO; OLIVEIRA, 2012). Os autores relatam que a utilização dos sensores que medem a tensão de água no solo, deve ser acompanhada por uma curva de retenção de água de solo, esta curva retrata a correlação entre potencial matricial e umidade do solo na faixa de 0 a 1500 kPa.

Silva et al. (2015), realizou um ensaio com beterrabas submetidas a diferentes tensões de água no solo, concluindo que a tensão ideal para garantir a máxima produtividade da beterraba foi encontrada quando a cultura foi submetida a uma tensão de 15 kPa. Para Silva e Marouelli (1998), em via de regra, as hortaliças irrigadas por gotejamento apresentam melhor desenvolvimento quando submetidas a tensões inferiores a 40 kPa. De acordo com Marouelli (2008), solo com tensão na faixa de 10 a 20 kPa está em excelente condição de umidade e boa aeração sendo indicado para hortaliças altamente sensíveis ao déficit de água.

2.4 Cultivo de beterraba em ambiente protegido

O cultivo em ambiente protegido consiste em uma técnica, onde possibilita um certo controle das condições meteorológicas tais como, temperatura, umidade do ar, radiação solar e vento. Estas variáveis climáticas influenciam diretamente na produção de hortaliças (BELTRÃO; FILHO;

FIGUEIRÊDO, 2002). Segundo Purquerio e Tivelli (2006), as chuvas demasiadas danificam as hortaliças e favorecem para o aparecimento de doenças, enquanto em temperaturas demasiadamente baixas acabam prolongando o ciclo da cultura.

Destaca-se a olericultura como o segmento de maior expansão, devido ao atrativo da possibilidade da inserção da atividade pelo pequeno produtor (FIGUEIREDO, 2011). Segundo o autor, o uso do ambiente protegido pode ser uma excelente alternativa de cultivo para a agricultura familiar, pois utiliza pequenas áreas e culturas de alto valor econômico.

2.4.1 Radiação

A disponibilidade da radiação solar é um fator determinante para a atividade fotossintética das plantas e conseqüentemente na sua produtividade. Segundo Beckmann et al. (2006), a radiação no interior das estufas é menor em relação ao ambiente externo. Esta variação pode representar cerca de 63 a 96% da radiação que chega a cobertura da estufa dependendo da composição plástica.

De acordo com Tullio et al. 2013, a atenuação da radiação incidente, seja ocasionada pela nebulosidade ou pela cobertura de um ambiente protegido, pode reduzir a produtividade da beterraba em até 50 % em relação ao cultivo em ambiente natural. Os autores não recomendam o uso de sombrite que atenua a radiação em 70%, pois em experimentos com este tipo de sombreamento não apresentou vantagens na característica da produção e qualidade da beterraba.

2.4.2 Temperatura e umidade

A temperatura do ar em ambientes protegidos proporcionam condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas, mas ao mesmo tempo, pode favorecer ao surgimento de pragas e vetores de doenças, bem como a disseminação das mesma (DUARTE et al., 2011). O manejo da temperatura do ambiente protegido deve ser escolhido de acordo com o tipo de hortaliça. Pode

se optar pelo uso de cortinas laterais móveis, telas sombreadas que permitem o aquecimento e o resfriamento do ambiente (PURQUERIO; TIVELLI, 2006).

Segundo Puiatti, Finger e Fontes (2005), espera-se que numa faixa de temperatura entre 16 a 20° C, possa se encontrar a melhor qualidade da beterraba. Temperaturas elevadas tende ao surgimento de doenças e distúrbios fisiológicos que podem comprometer a cultura (TRANI; CANTARELLA; TIVELLI, 2005).

A umidade relativa do ar no ambiente protegido é maior em relação ao cultivo convencional, este fator associado a alta temperatura, propiciam condições para algumas doenças ligados a parte aérea. Já a alta umidade conciliado com a baixa temperatura favorecem a ocorrência de mofos (VIDA et al., 2004). Deve-se evitar que a umidade relativa do ar seja superior 90%, esta condição pode favorecer a investação da principal doença fúngica da beterraba, conhecida como Mancha de Cercospora (*Cercospora beticola* Sacc.) (TIVELLI et al.2011).

2.4.3 Irrigação

O sistema de microirrigação é o mais indicado em ambiente protegido por aplicar baixos volumes de água, em pequenas áreas localizadas com aplicações precisas e bem controladas, além de permitir a completa automatização do processo de fertirrigação (TESTEZLAF, 2011).

Hassanli, Ahmadirad e Beecham (2010), avaliaram o uso eficiente da água submetendo a beterraba açucareira em diferentes métodos de irrigação (gotejamento superficial, gotejamento interrado e sulcos). Os autores recomendam o uso da irrigação por gotejamento superficial no cultivo da beterraba, devido este sistema proporcionar um maior aproveitamento do uso da água.

2.4.4 Adubação

Em cultivo em ambiente protegido é aconselhável que se realize análise química do solo, condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, pois dependendo da qualidade da água de irrigação e do excesso de fertilizantes, pode ocorrer o acúmulo de sais no perfil do solo, principalmente quando se utiliza do sistema de irrigação por gotejamento, onde a aplicação da quimirrigação é mais frequente (FONTES; GUIMARÃES, 1999; VIZZOTO, 1999).

De acordo com Lorenz e Maynard (1988), a beterraba é considerada moderadamente tolerante à salinidade do solo, podendo produzir a um limite máximo de salinidade de 4 dS m^{-1} . Silva, Silva e Klar (2015), avaliaram o efeito do estresse salino em ambiente protegido no cultivo da beterraba, para a cultivar Itapuã202, os autores observaram um incremento na evapotranspiração até a salinidade limiar de 6 dS m^{-1} .

A aplicação de fertilizantes deve ser realizada com base na disponibilidade dos nutrientes existentes do solo, por meio da utilização da análise do solo para estabelecer as recomendações de adubação (FONTES; GUIMARÃES, 1999).

Dentre os macronutrientes o nitrogênio é fundamental para o aumento da produtividade da beterraba pois ele promove a expansão foliar e o acúmulo de massa (TIVELLI et al., 2011). Aquino et al. (2006), após submeter a beterraba a várias doses de nitrogênio, observou uma maior eficiência econômica em 343 kg.ha^{-1} . No que se refere a aspectos quantitativos e qualitativos, os autores recomendaram uma dose de 193 kg.ha^{-1} , esta dose encontra-se dentro da faixa estipulada por Trani et al. (2013), onde a maior produtividade foi adquirida na dose de 200 kg.ha^{-1} . Ambos autores concluíram uma relação linear entre a dose de nitrogênio e a produtividade da beterraba.

Quanto aos micronutrientes exigidos pela cultura, destaca-se o boro como elemento de ação direta sobre a qualidade da beterraba, cuja deficiência causam prejuízo à qualidade das raízes (TIVELLI et al., 2011; TRANI et al., 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A UFLA situa-se no município de Lavras, na Mesorregião Campo das Vertentes e está na altitude média de 910 metros, 21°14'S, Latitude Sul e 45°00'W, Longitude Oeste (Figura 1).

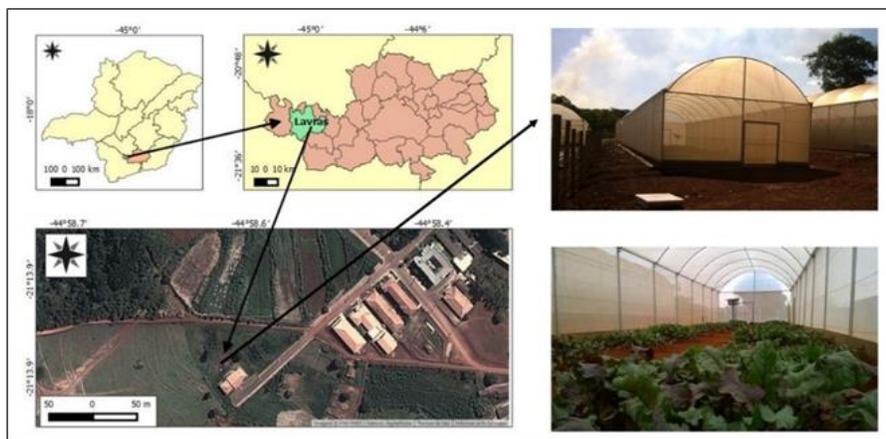


Figura 1 Localização espacial da área de estudo

Fonte: Do autor (2016), Adaptada IBGE (2016) e GOOGLE EART (2016)

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do modelo teto em arco é constituída com estrutura metálica apresentando 3,0 metros de pé-direito e 4,5 metros de altura no ponto mais alto com dimensão de 7 metros de largura e 30 metros de comprimento (210 m²). A cobertura da casa de vegetação consiste em filme de polietileno aditivado anti-UV de 0,15 mm de espessura. A utilização da casa de vegetação teve por objetivo evitar a interferência das precipitações nos tratamentos de irrigação.

3.2 Clima

O clima da região de Lavras é considerado como Cwa de acordo com a classificação de Koppen, ou seja, clima temperado suave, com inverno seco e verão chuvoso, subtropical (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). Lavras apresenta temperatura máxima média anual em torno de 30,6°C, temperatura mínima média anual de 11,1°C, precipitação média anual de 1.453 mm, e tem umidade relativa do ar média de 70,6%, bem como uma evaporação média anual de 1.034 mm, dados relativos ao levantamento da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia em uma escala temporal de 1998-2014 (FIGURA 2) (INMET, 2015).

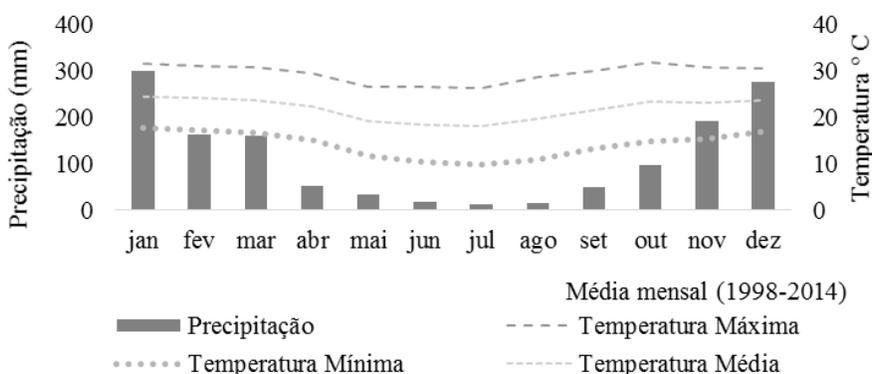


Figura 2 Média mensal da temperatura e precipitação no período de 1998 a 2014
Fonte: INMET (2015)

3.3 Análises Físicas e Químicas do solo

O solo da área foi classificado originalmente como um Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1999). As análises físicas e químicas do solo foram realizadas por uma amostra deformada composta, extraída na camada de 0 a 30 cm representativa de toda área. Esta amostra foi enviada ao Laboratório de Física do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, onde se determinou os pontos de baixas tensões (2, 4, 6 e 10 kPa) por meio do método

funil de Haines, e os de altas tensões (33, 100, 500 e 1500 kPa) por meio do extrator de Richards conforme Carvalho e Oliveira (2012).

De posse dos pontos de tensão de água no solo e a umidade volumétrica correspondente, foi determinada a curva característica de água no solo. Utilizando-se o programa computacional SWRC – Soil Water Retention Curve, desenvolvido por Dourado Neto et al. (2001), para ajustar o modelo proposto por Van Genuchten (1980) que descreve o comportamento da umidade do solo em função da tensão da água no solo (potencial matricial). Com base neste modelo (Equação 1) e dos valores observados, foi gerado a curva de retenção da água no solo (Figura 3).

$$\theta = 0,276 + \frac{0,370}{[1 + (0,2368 \cdot |\Psi_m|)^{2,0878}]^{0,521}} \quad (1)$$

em que:

θ – Umidade do solo com base em volume ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);

Ψ_m - Tensão da água no solo (kPa).

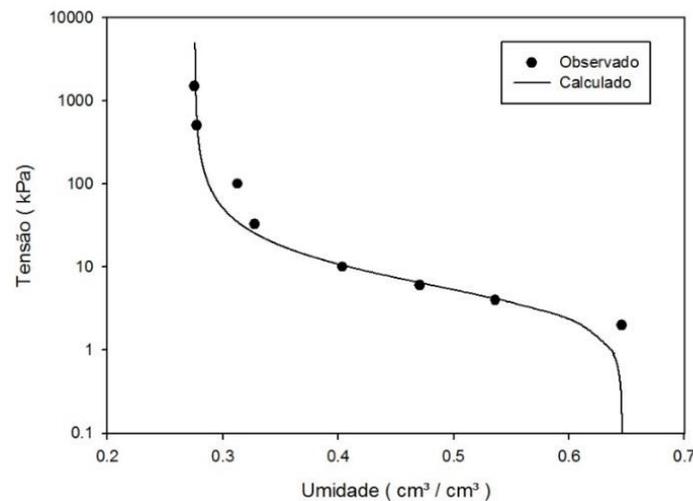


Figura 3 Curva de retenção da água no solo, ajustada pelo modelo de Van Genuchten (1980)

A umidade volumétrica equivalente à capacidade de campo foi determinada considerando a tensão de 10 kPa como descrito por Silva e Marouelli (1998), no qual considera esta tensão recomendável para este tipo de

solo. De acordo com o modelo ajustado na Equação 1, a umidade nesta tensão corresponde a $0,409 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$.

Na Tabela 1 encontram-se os atributos químicos do solo antes da adubação de plantio. Segundo Casali (1999), deve-se realizar a calagem do solo para elevar a saturação por bases a 70%. Os resultados da análise química do solo demonstram que a saturação de base foi superior a 84%, portanto não houve a necessidade de calagem.

Tabela 1 - Atributos químicos da amostra composta do solo da área experimental.

Sigla	Descrição	Quantidade ¹ (Classe)	Unidade
pH	Em água, KCl e CaCl ₂ (1:2,5)	7,40 (A)	---
K	Potássio	26,00 (B)	mg.dm ⁻³
P	Fósforo	2,91 (MB)	mg.dm ⁻³
Ca	Cálcio	4,11 (MB)	cmol.dm ⁻³
Mg	Magnésio	1,65 (MB)	cmol.dm ⁻³
Al	Alumínio	0,00 (Mb)	cmol. dm ⁻³
H+Al	Acidez Potencial	1,10 (b)	cmol.dm ⁻³
SB	Soma de bases trocáveis	5,83 (B)	cmol.dm ⁻³
T	Capacidade de troca catiônica efetiva	5,83 (B)	cmol.dm ⁻³
T	Capacidade de troca catiônica a pH 7	6,93 (M)	cmol.dm ⁻³
V	Índice de saturação por bases	84,08 (MB)	%
M	Índice de saturação por alumínio	0,00 (Mb)	%
M.O	Matéria Orgânica	2,61 (M)	dag.kg ⁻¹
P-Rem	Fósforo remanescente	1,90 (Mb)	mg.L ⁻¹
B	Boro	0,45 (M)	mg.dm ⁻³

¹A - Alto; MB - Muito Bom; B - Bom; M - Médio; Mb - Muito Baixo; b - Baixo (ALVARES et al., 1999). Análise realizada no Laboratório de ciência do solo UFLA – MG.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

Foi empregado o delineamento em blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constituíram de seis tensões de água no solo (15, 25, 35, 45, 55 e 65 kPa) como indicativo de momento de irrigar (tensão crítica).

De acordo com *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – (FAO, 1998) a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura da beterraba é de 0,3 m. Com o objetivo de se monitorar o estado de energia da água no solo, foram instalados 3 sensores de matriz granular (*watermark*®), a

0,15 m de profundidade e no alinhamento das plantas, que serviram como indicadores de decisão sobre quando e quanto irrigar, e um a 0,30 m de profundidade para verificar a ocorrência de percolação. Para cada tratamento, os conjuntos de sensores mencionados foram instalados em duas das quatro repetições, totalizando 48 sensores em toda área experimental como demonstrado na Figura 4.

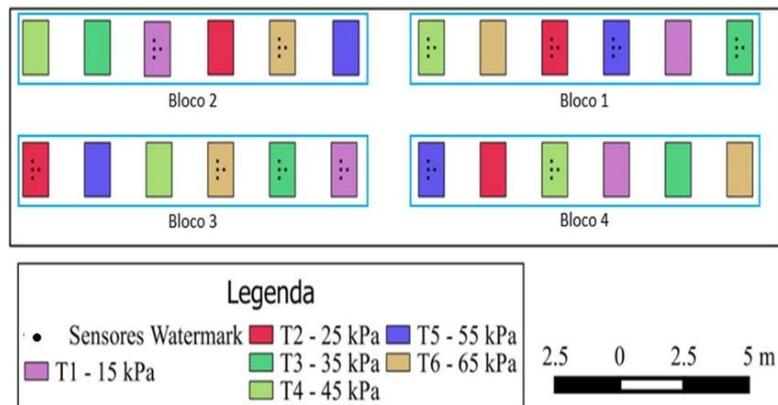


Figura 4 Delimitação das parcelas experimentais e localização dos sensores

A parcela experimental apresentou dimensões de 1,00 m de largura por 1,60 m de comprimento (1,60 m²). Foram utilizadas quatro linhas de plantio espaçadas de 0,25 m entre si, e 0,10 m entre plantas, totalizando 64 plantas por parcela (Figura 5). A parcela útil foi composta pelas duas linhas centrais, sendo descartadas 2 plantas no início e no final do canteiro (parcela útil com 24 plantas).

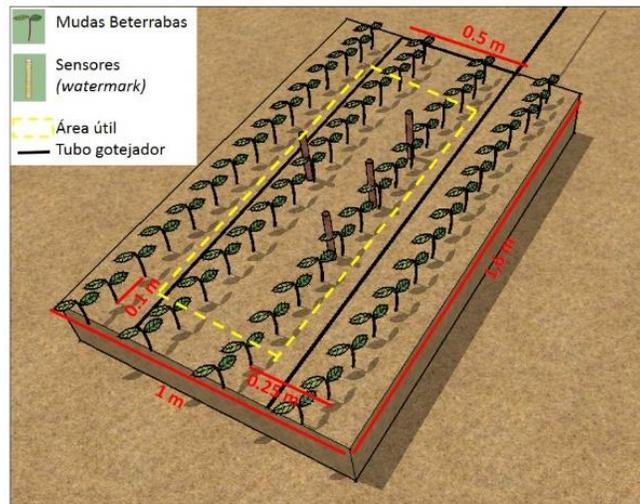


Figura 5 Esquema de uma parcela experimental, com o sistema de irrigação implantado e os sensores de umidade.

3.5 Sistema e manejo de irrigação

Foi utilizado para a diferenciação dos tratamentos, um sistema de irrigação por gotejamento, sendo os emissores autocompensantes do tipo in-line, com vazão nominal $1,60 \text{ L.h}^{-1}$ e distanciados entre si a $0,30 \text{ m}$. Na parcela experimental os tubos gotejadores foram dispostos em duas linhas distanciadas em $0,50 \text{ m}$, com 6 gotejadores por tubo.

As linhas laterais foram conectadas às linhas de derivação de polietileno e que por sua vez foram conectadas às linhas principais de PVC (DN35 e PN40), onde foram instaladas em seu início, válvulas elétricas de comando (selenóides) localizadas na saída do cabeçal de controle. Foi utilizada uma válvula em cada tratamento, que foram acionadas por um controlador previamente programado em cada irrigação, para funcionar o tempo necessário visando repor a lâmina de irrigação.

O momento de irrigação foi definido, quando pelo menos quatro dos seis sensores de decisão, instalados a $0,15 \text{ m}$ de profundidade, atingiram a tensão crítica estabelecida para cada tratamento, elevando a umidade do solo à capacidade de campo.

De posse da curva de retenção de água no solo, foram estimadas as umidades correspondentes as leituras de tensões observadas. As lâminas líquida

e bruta de reposição foram calculadas (Equações 2 e 3), considerando a diferença entre a umidade na capacidade de campo e a umidade estimada para a tensão observada, na profundidade efetiva do sistema radicular (300 mm) e por fim, definiu-se o tempo de funcionamento do sistema de irrigação (Equação 5).. As leituras dos sensores (*watermark*®) foram realizadas diariamente, sendo uma pela manhã (8:00 h) e pelo período da tarde (14:00 h) quando julgou-se necessário, visando melhorar o controle do momento de início das irrigações.

$$LL = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) \cdot Z \quad (2)$$

em que:

LL – lâmina líquida de irrigação (mm);

θ_{cc} – Umidade do solo na capacidade de campo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$);

θ_{atual} – Umidade atual do solo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$);

Z – Profundidade efetiva do sistema radicular (300 mm).

$$LB = \frac{LL}{(1-K).CUD} \quad (3)$$

em que:

LB – lâmina bruta (mm);

CUD – coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação (%);

K – constante que leva em conta a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação. Esta variável foi calculada de acordo com a Equação 4.

$$K = 1 - Ea \quad (4)$$

Ea – eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (0,87).

$$T = \frac{LB.A}{e.q_m} \quad (5)$$

em que:

T – tempo de funcionamento do sistema de irrigação (horas);

A – Área ocupada por canteiro (1,6 m²);

q_m – Vazão média dos emissores (1,62 L.h⁻¹);

e – número de emissores por canteiro (12).

O teste de uniformidade de distribuição de água (94%), foi realizado posteriormente à instalação do sistema de irrigação, visando a obtenção do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) (Equação 6) e o Coeficiente de Variação total (CVt), determinado pela relação entre o desvio padrão das médias e a vazão média. Cabello (1996), apresenta uma classificação da uniformidade com base no valor do CVt (Tabela 2). Para isso foram selecionadas 4 parcelas experimental, no qual foram coletados em recipientes posicionados em cada emissor por um período de 1 minuto. O volume de água foi estimado pelo método gravimétrico no qual se considera a massa de água igual ao seu volume, devido a massa específica da água ser aproximadamente a 1g.cm⁻³. Este volume foi coletado num tempo de 1 minuto, e então obteve-se a vazão de cada emissor.

$$CUD = \frac{\bar{q}_{25}}{\bar{q}_m} \quad (6)$$

em que:

\bar{q}_{25} – média das 25% menores vazões coletadas;

\bar{q}_m – média das vazões coletadas.

Tabela 2 - Classificação do coeficiente de variação total da vazão (CVt)

Valores de CVt	Classificação
$CVt \leq 0,10$	Excelente
$0,10 < CVt \leq 0,20$	Muito Bom
$0,20 < CVt \leq 0,30$	Aceitável
$0,30 < CVt \leq 0,40$	Baixo
$CVt > 0,40$	Inaceitável

Fonte: Adaptada Cabello (1996)

3.6 Condução do experimento

Neste experimento foi utilizado a cultivar de beterraba *Early Wonder Tall Top*, que possui como principais características : Raiz tuberosa de formato

globular, de coloração vermelha intensa e diâmetro transversal de 6 a 8 cm. O ciclo da cultura gira em torno de 60 a 70 dias (TIVELLI et al. 2011) .

O transplântio foi efetuado no dia 26 de fevereiro de 2016, quando as mudas apresentavam de cinco a seis folhas definitivas e a altura média variando de 10 a 15 cm, o que correspondem a cerca de 20 dias após a sementeira. O espaçamento entre plantas adotado foi de 0,25 x 0,10 m conforme as recomendações de Tivelli et al. (2011). Todas as parcelas foram irrigadas uniformemente após o transplântio, por um período de 13 dias, a fim de proporcionar o pegamento e uniformização das mudas (Tabela 3). Os valores da tensão da água no solo durante este período, variou entre 8 e 13 kPa respeitando as recomendações dos autores citados. Os sensores de matriz granular (*watermark*®) foram instalados no dia 28 de fevereiro de 2016, logo após a finalização do transplântio das mudas.

Tabela 3 - Lâminas de água aplicadas nos dias após o transplântio (DAT), até o início da diferenciação dos tratamentos

Data	Tempo de irrigação por dia (min)	Lâmina aplicada por dia (mm)	Lâmina aplicada no período (mm)
26/02 a 27/02/2016	30	6,11	12,22
28/02 a 09/03/2016	20	4,07	44,82
Total	280		57,05

3.7 Práticas culturais

3.7.1 Adubação

A adubação foi realizada conforme as recomendações da 5ª Aproximação para o estado de Minas Gerais. De acordo com Casali, (1999), nas condições químicas do solo apresentadas na Tabela 3, recomenda-se que seja aplicado 100 kg.ha⁻¹ de N, 240 kg.ha⁻¹ de K₂O (Fonte Nitrato de Potássio), 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (Fonte Superfosfato Simples) e 3 kg.ha⁻¹ de boro (Fonte Ácido Bórico). Além da adubação química foi incorporado ao solo 1 kg.m⁻² de fertilizante orgânico PROVASO.

Os fertilizantes com nitrogênio e potássio em cobertura, foram aplicados em 3 parcelas, sendo uma aos 10 dias antes do transplântio (adubação de base), o restante aos 15 e 45 dias após o transplântio (adubação de cobertura), conforme as recomendações de Souza et al., (2003). De acordo com os autores, os fertilizantes de fosforo e boro devem ser aplicado em parcela única aos 10 dias antes do transplântio. As épocas de aplicação das fontes de nutrientes utilizadas e suas respectivas dosagens são apresentadas na Tabela 4. A adubação foliar foi aplicada objetivando revigorar e fornecer principalmente micronutrientes de absorção mais rápida (Tabela 5).

Tabela 4 - Épocas de aplicação, fontes de nutrientes e dosagens dos adubos

Data	Dias após o transplântio	Fertilizantes (fontes de nutrientes)	Dosagem aplicada (g.m ⁻²)
15/02/2016	0	Ácido Bórico	2
15/02/2016	0	Superfosfato simples	167
15/02/2016	0	Nitrato de Potássio	26
11/03/2016	15	Nitrato de Potássio	26
11/04/2016	45	Nitrato de Potássio	26

Tabela 5 - Macro e micro nutrientes aplicados via foliar e sua respectiva dosagem

Nutrientes	Dosagem em diluição (g.L ⁻¹)
Boro	2,52
Cálcio	12,60
Cobre	1,01
Ferro	1,26
Magnésio	6,30
Manganês	2,52
Molibdênio	0,63
Zinco	5,04
Fósforo	75,60
Potássio	37,80
Nitrogênio	113,40

3.7.2 Controle de pragas e ervas daninhas

Durante a condução do experimento, foram retiradas manualmente todas as eventuais plantas que emergiram. Houve o ataque da lagarta rosca diagnosticada a cerca de 21 dias após o transplântio das mudas, nesta época as

plantas de maior estresse hídrico foram as mais atacadas, possivelmente ao fato de estarem menos desenvolvidas devido ao déficit hídrico. Segundo Souza et al. (2003), a lagarta rosca corta os tecidos tenros das plantas novas como o caule e pecíolo. O combate químico foi realizado de acordo com autores, que propõem que seja realizado as pulverizações ao entardecer, ao redor do colo da planta. O inseticida Lorsban® 480BR, foi aplicado na dose de 1,5 L.ha⁻¹ em uma única aplicação, não sendo mais observado o ataque desta praga.

3.8 Variáveis meteorológicas

Durante o experimento, foram registrados diariamente os valores contínuos de temperatura e umidade relativa do ar, por meio de um sistema automático de coleta de dados (Termo higrômetro) instalado a 1,5 m de altura, no centro da casa de vegetação.

3.9 Variáveis a serem analisadas

Seguindo orientações de Tivelli et al. (2011), o início da colheita para a cultivar “Early Wonder Tall Top” gira em torno de 70 dias. O ponto de colheita foi definido quando as raízes atingiram o tamanho comercial, ou seja de 6 a 8 cm de diâmetro transversal, o que ocorreu cerca de 75 dias após o transplântio.

As avaliações foram realizadas imediatamente após a colheita das parcelas úteis (24 plantas por parcela), sendo todas as repetições colhidas e avaliadas no mesmo dia.

3.9.1 Diâmetro transversal da raiz tuberosa

Com o auxílio de um parquímetro digital, foi determinado o diâmetro transversal da raiz tuberosa. Os dados foram expressos em milímetros (mm).

3.9.2 Massa fresca da parte aérea e da raiz tuberosa

As plantas foram colhidas e pesadas em balança digital ainda com sua folhagem, deste modo determinou-se a sua massa fresca total. Após a retirada das folhas, pesou-se a raiz tuberosa e por diferença de massa se obteve a massa fresca da parte aérea e da raiz tuberosa para cada tratamento estudado. Os dados foram expressos em grama por planta (g.planta^{-1}).

3.9.3 Número e comprimento das folhas

Após a retirada de todas as folhas, sobre uma bancada mediu-se por meio de uma régua graduada em centímetros, o comprimento da maior folha da planta e foi contabilizado o total de folhas por planta.

3.9.4 Produtividade total

Estimou-se a população que teria um hectare (400.000 plantas), a partir da dimensão da parcela e do espaçamento utilizado na cultura da beterraba. A partir dos valores de massa fresca da raiz tuberosa e da população de plantas por hectare, foi calculada a produtividade total.

3.9.5 Eficiência no uso da água (EUA)

Foi determinada pela relação entre os valores de produtividade total (kg.ha^{-1}) e as respectivas quantidades de água consumidas (mm) em cada tratamento durante o cultivo. Os resultados foram expressos em $\text{kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$.

3.10 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com a realização do teste F. O efeito dos tratamentos foram obtidos pela análise de regressão. As equações de regressão serão escolhidas com base na significância

dos coeficientes de regressão a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste de média e no maior valor do coeficiente de determinação (R^2).

As análises foram efetuadas, utilizando-se o programa computacional Sisvar para *Windows*, versão 4.0 para análises estatísticas (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições climáticas na casa de vegetação

Durante o período de condução do experimento, a temperatura média do ar atingiu cerca de 26,5 °C, enquanto a temperatura máxima oscilaram entre 30 e 41 °C e a mínima entre 7 e 29 °C (Figura 6).

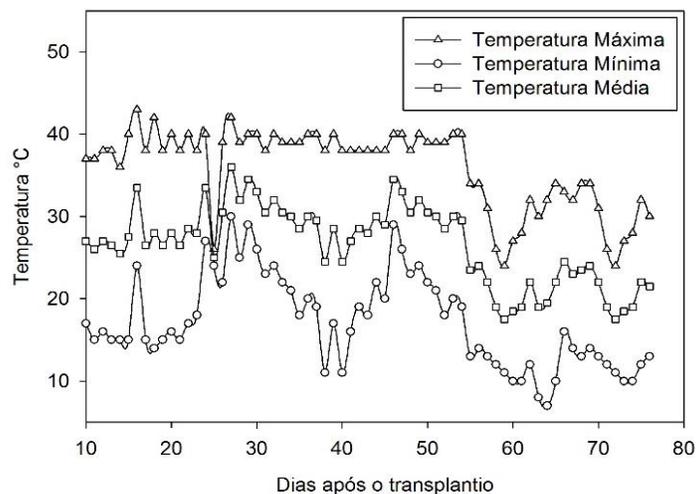


Figura 6 Temperatura diária máxima, mínima e média do ar, ocorrida no interior da casa de vegetação

Nota-se pela média quinzenal durante o período estudado, que até a 3^a quinzena a temperatura média foi superior a 25°C (Tabela 6). Segundo Puiatti, Finger e Fontes (2005), Filgueira (2006) e Tivelli et al. (2011), a beterraba produz bem em temperaturas amenas ou baixas, com melhor desenvolvimento em temperatura ao redor de 20 °C, sendo não recomendável períodos com temperaturas acima de 25°C. Tullio et al. (2013), relatam que a produtividade pode ser reduzida em até 50 % quando cultivada no período do verão, em virtude do excesso de temperatura e ao volume excessivo de precipitação.

Tabela 6 - Temperatura máxima, mínima e média do ar, a partir do 10º dia após o transplante, no interior da casa de vegetação.

Período	Temperatura °C		
	Máxima	Mínima	Média
1ª Quinzena	38,20	16,00	27,10
2ª Quinzena	38,60	23,20	30,90
3ª Quinzena	38,73	19,80	29,27
4ª Quinzena	31,80	12,60	22,20
5ª Quinzena	30,19	12,51	21,35

A beterraba é classificada como sistema fotossintético do tipo C₃, que apresenta uma certa adaptação ao déficit hídrico. Contudo devido a temperatura elevada nas 3 primeiras quinzenas, pode ter refletido diretamente no desenvolvimento da cultura, principalmente nos tratamentos de maiores tensões de água no solo (Figura 7). Segundo Taiz e Zeiger (2009), plantas do tipo C₃ típicas não irrigadas, contam com o esfriamento pela transpiração para reduzir a temperatura foliar, a planta em déficit hídrico provoca o fechamento estomático parcial, o que reduz o seu potencial de resfriamento evaporativo. Os autores ainda relatam que, este estresse térmico em casas de vegetação é acentuado devido a baixa velocidade do ar e alta umidade, fatores que também contribuem negativamente para o esfriamento foliar, ou seja, dificultando o resfriamento da cultura.

Dependendo do grau de estresse térmico, poderá haver o retardamento do crescimento de toda a planta. A Figura 8 demonstra uma parcela submetida a tensão de 55 kPa no mesmo dia em horários distintos, percebe-se o efeito da temperatura em conjunto com o déficit hídrico sobre as folhas. Nas parcelas de menor tensão de água no solo (abaixo de 35 kPa), este efeito não foi verificado.

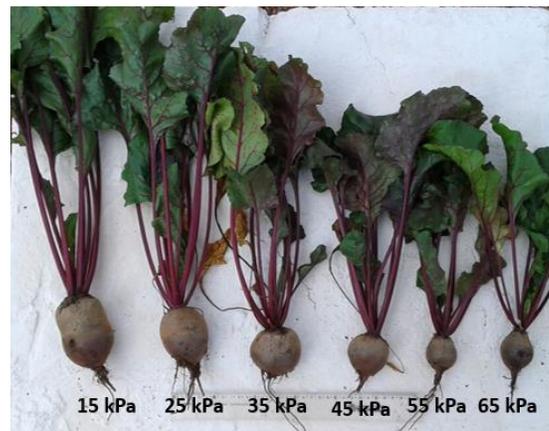


Figura7 Plantas de beterraba, submetidas nas diferentes tensões de água no solo correspondentes aos tratamentos estudados.



Figura 8 Tratamento de 55 kPa em diferentes horários (A) 9 h e (B) 14 h

A umidade relativa do ar (%), verificada no interior da casa de vegetação, variou em torno de 60 %, sendo a média máxima de 86,7% e a média mínima de 33,5% (Figura 9). Tanto a temperatura do ar quanto a umidade do ar, apresentaram-se fora da faixa de favorecimento para a ocorrência da mancha das folhas (*Cercospora beticola*). Segundo Tivelli et al. (2011) e Souza et al. (2003), esta é a principal doença fúngica da beterraba no Brasil. Os

autores mencionam que a temperatura do ar entre 22 a 26 °C e umidade do ar maior que 90%, são as condições favoráveis ao seu desenvolvimento.

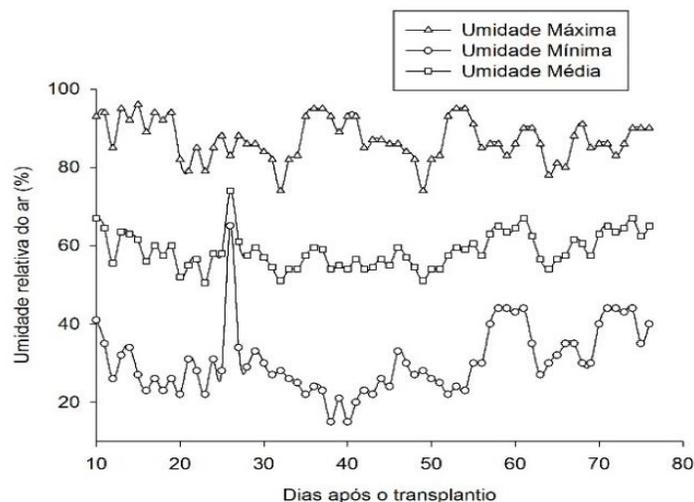


Figura 9 Umidade relativa (%) diária máxima, mínima e média do ar ocorrida no interior da casa de vegetação

4.2 Avaliação do sistema de irrigação

Submeteu-se o sistema de irrigação ao teste de uniformidade a uma pressão de 176 kPa medida na saída do cabeçal de controle, a vazão média encontrada por gotejador foi de 1,62 L.h⁻¹, valor pouco superior ao indicado pelo catalogo do fabricante (1.6 L.h⁻¹).

O coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD) do sistema de irrigação utilizado, foi de 94 % e o coeficiente de variação total de vazão (CVt) de 0,0531, significando que a água foi uniformemente distribuída nas parcelas em qualquer nível de irrigação, não se constituindo em uma fonte de variação adicional ao experimento. Segundo Frizzone et al. (2012), para sistema de microirrigação o CUD para ser considerado como excelente deve estar acima de 90% e com o CVt inferior a 0,05.

4.3 Tensões e lâminas aplicadas

As lâminas de água aplicadas antes do início dos tratamentos (Inicial) e após a diferenciação dos tratamentos (Irrig), assim como as lâminas totais de água (Total), lâmina média por irrigação (Lmpi) e o número de irrigações por tratamento (NI), estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Tensões de água no solo a 15 cm, lâminas aplicadas antes do início dos tratamentos (Inicial), durante a condução do experimento (Irrig), lâmina total aplicada (Total), lâmina média por irrigação(Lmpi), número de irrigação (NI).

Tensão (kPa)	Lâmina de irrigação (mm)				NI
	Inicial	Irrig	Total	Lmpi	
15	57,05	225,40	282,45	8,05	28
25	57,05	223,74	280,79	12,43	18
35	57,05	178,10	235,15	17,81	10
45	57,05	116,46	173,51	19,41	6
55	57,05	102,10	159,15	20,42	5
65	57,05	84,44	141,49	21,11	4

As lâminas totais irrigadas seguiram um padrão decrescente, em relação ao aumento das tensões de água no solo. Este comportamento foi análogo a outros trabalhos realizados no Campus da UFLA, utilizando do solo de mesma classificação (Latosolo Vermelho Distróferrico) descrito em Tangune (2012) e Geisenhoff (2008). De acordo com Carvalho e Oliveira (2012), solos próximos a capacidade de campo retém uma maior quantidade de água, devido aos efeitos de capilaridade e da distribuição dos tamanhos dos poros. Devido a faixa estreita de monitoramento para as menores tensões, as irrigações foram mais frequentes e conseqüentemente maior a lâmina total aplicada.

Na Figura 10 pode-se visualizar o número de irrigações (NI) realizados. Quanto menor a tensão para que fossem reiniciadas as irrigações, mais frequentes e menores foram as lâminas de água aplicadas por irrigação (“picos”). Pode-se observar este comportamento nas tensões de 15 e 25 kPa, no qual foram aplicados praticamente a mesma a lâmina total. Quando a tensão de água no solo foi mantida na faixa de 15 e 25 kPa, a umidade do solo permaneceu próxima à capacidade de campo, ao longo de todo o ciclo da cultura, favorecendo no seu melhor desenvolvimento.

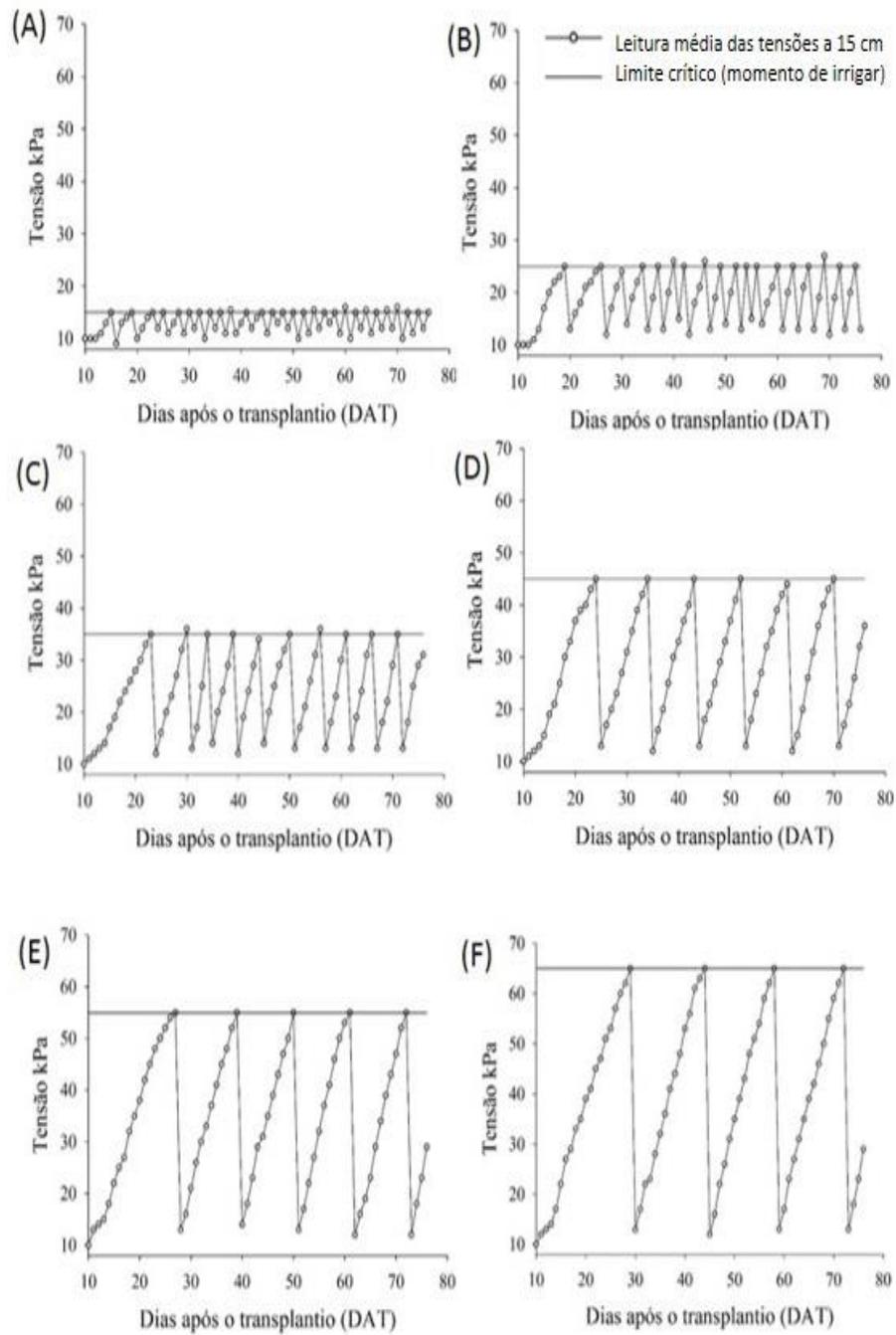


Figura 10 Variação das tensões de água no solo à 15 cm, ocorrida após a diferenciação dos tratamentos (A) 15 kPa, (B) 25 kPa, (C) 35 kPa, (D) 45 kPa, (E) 55 kPa, (F) 65 kPa.

4.4 Massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz tuberosa (MFR)

Os resultados estatísticos demonstram que os níveis de tensão de água no solo tiveram efeito significativo na massa fresca da parte aérea (MFPA) e da raiz tuberosa (MFR), a 1 % de probabilidade (Tabela 8). O maior rendimento da raiz tuberosa encontrado na tensão de 15 kPa (143,80 g.planta⁻¹) e o menor valor na tensão de 65 kPa (24,94 g.planta⁻¹), resultados obtidos pela equação linear ajustada para as tensões mencionadas (Figura 11).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância e de regressão para a Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Massa Fresca da Raiz (MFR) em função da tensão da água no solo.

Fonte de Variação	G.L	QM	
		MFPA	MFR
Tensão	5	1553,10 **	8310,78 **
Bloco	3	122,35 ns	1331,85 *
Resíduo	15	103,45	310,97
Média		60,34 g.planta ⁻¹	84,37 g.planta ⁻¹
CV (%)		16,85	20,90
Linear	1	7505,72 **	39556,13 **
Quadrática	1	8,27 ns	1007,35 ns
Cúbica	1	245,25 ns	619,53 ns
Desvios	3	3,13 ns	185,44 ns

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$) realizado pelo teste F
ns - não significativo ($p \geq 0.05$)

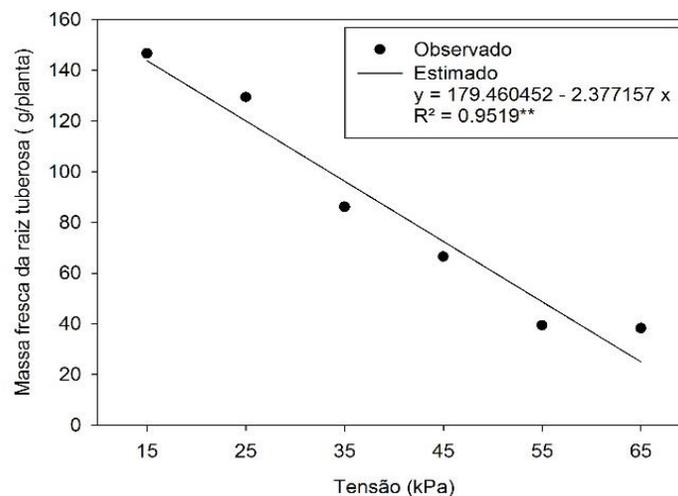


Figura 11 Efeito de diferentes valores de tensão de água, na massa fresca da raiz (MFR)

Os resultados deste experimento foram similares ao encontrado por Silva et al. (2015), no qual, também se obteve a diferença estatística do efeito da tensão de água no solo na massa fresca da raiz tuberosa. De forma análoga, os autores encontraram o maior rendimento da massa fresca da raiz tuberosa na tensão de 15 kPa (177,9 g.planta⁻¹) e o menor rendimento na tensão de 65 kPa (65,44 g.planta⁻¹). Experimentos de manejo por lâminas irrigadas realizado por Carvalho et al. (2011) e Fabeiro et al. (2003), em ambos casos não houve diferença estatística da massa fresca da raiz entre os tratamentos. A massa fresca da raiz máxima encontrada nos seus respectivos experimentos foram de 177g.planta⁻¹ e 145g.planta⁻¹. Segundo Silva et al. (2015), na medida que se eleva a tensão de água no solo, ocorre o efeito de dificultar que a beterraba absorva a água, sendo necessário um gasto maior de energia para absorção de água e nutrientes, refletindo na redução da produção.

Com relação a massa fresca da parte aérea (MFPA), observa-se que cerca de 96% das variações ocorridas na massa fresca da parte aérea, em função das tensões de água no solo, são explicadas pela regressão linear (Figura 12). O valor máximo encontrado para variável ocorreu a tensão de 15 kPa, de acordo com a equação linear ajustada nesta tensão se obteve 86,23 g.planta⁻¹.

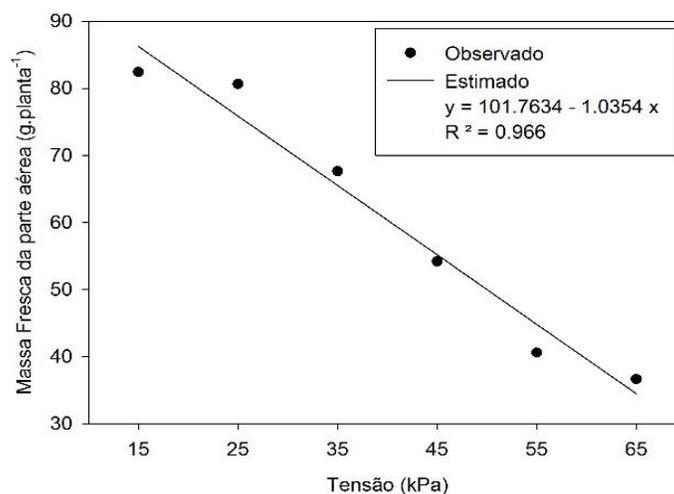


Figura 12 Efeito de diferentes valores de tensão de água, na massa fresca da parte aérea (MFPA)

Segundo Taiz e Zeiger (2009), o efeito do déficit hídrico no desenvolvimento fisiológico da planta pode acarretar na limitação da expansão foliar e conseqüentemente da massa fresca da parte aérea. Este mecanismo de resistência permite que se preserve o suprimento de água, limitada no solo por um período mais longo.

Tullio et al. (2013), comparando a produção da beterraba em ambiente protegido e natural, observou que a maior produção de massa fresca da parte aérea foi de 56,24 g.planta⁻¹ em ambiente natural e 37,74 g.planta⁻¹ em ambiente protegido. Aquino (2006), avaliando o efeito das doses de nitrogênio na cultura de beterraba, encontrou a massa fresca da parte aérea máxima de 152 g.planta⁻¹ aplicando uma dose de 400 kg.ha⁻¹ de nitrogênio. Para a mesma dosagem de nitrogênio que foi utilizada neste estudo (100 kg.ha⁻¹), a massa fresca da parte aérea encontrada pelos autores, foi de 112 g.planta⁻¹.

4.5 Diâmetro da raiz tuberosa

De acordo com a análise de variância (Tabela 9), verifica-se que houve efeito significativo da tensão de água no solo no diâmetro médio da raiz tuberosa a 1 % de probabilidade. Os níveis de tensão afetaram o diâmetro da beterraba, relacionando em forma linear decrescente, como demonstrado na Figura 13. As maiores medidas no diâmetro foram encontradas por meio da equação linear ajustada na tensão de 15 kPa e 25 kPa, obtendo o valor de 58,51 mm e 53,87 mm respectivamente.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância e regressão para o comprimento e diâmetro médio da raiz tuberosa, em função das tensões de água no solo.

Fonte de Variação	G.L	QM	
		Diâmetro da raiz tuberosa	
Tensão	5	327,17	**
Bloco	3	45,73	ns
Resíduo	15	17,77	
Média		46,87	mm
CV (%)		8,99	
Linear	1	85,39	**
Quadrática	1	0,35	ns
Cúbica	1	3,61	ns
Desvios	3	2,10	ns

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$) realizado pelo teste F

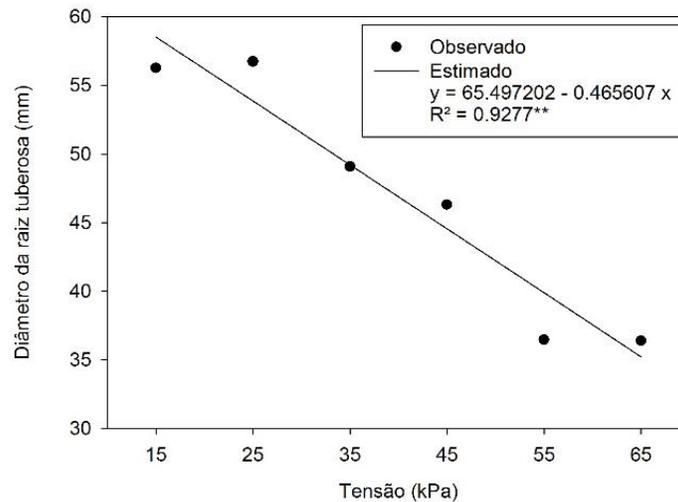


Figura 13 Efeito de diferentes valores de tensão de água, no diâmetro da raiz tuberosa

A classificação comercial da beterraba é definida pelo calibre da raiz tuberosa, sendo considerada dentro da faixa comercial beterrabas com diâmetros transversal superior a 50 mm (CEGESP, 2011). Resultados análogos foram encontrados por Silva et al. (2015), onde a variação do diâmetro da beterraba, seguiu a tendência linear em função da tensão de água no solo e do mesmo modo, encontrando diâmetros inferiores a 50 mm quando a cultura foi submetida a tensão acima de 35 kPa. Os resultados demonstram a faixa ideal de tensão de água no solo, para se garantir que o diâmetro esteja dentro do limite da classe comercial, que deva ser, inferior a 35 kPa. Segundo Silva e Marouelli (1998), em via de regra, as hortaliças irrigadas por gotejamento apresentam melhor desenvolvimento, quando submetidas a tensões inferiores a 40 kPa.

4.6 Número e comprimento da maior folha

O número e o comprimento da maior folha foram significativamente afetados pela tensão de água no solo, a 1% de probabilidade (Tabela 10). A relação linear decrescente entre o comprimento da maior folha e a tensão de água no solo (Figura 14), foram similar aos resultados encontrados por Silva et

al. (2015) que também obtiveram a mesma relação linear, porem com o coeficiente de determinação inferior ($R^2 = 0,72$) em relação ao experimento em estudo ($R^2 = 0,98$).

De acordo com Taiz e Zeiger (2009), o decréscimo do comprimento da folha em função do déficit hídrico é considerado como um sistema de defesa contra a seca, esta inibição tem por objetivo de reduzir a transpiração e conservar o estoque de água na planta.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância e regressão para o comprimento e número de folhas, em função das tensões de água no solo.

Fonte de Variação	G.L	QM	
		Comprimento das Folhas	Nº de folhas
Tensão	5	157,65 **	3,08 **
Bloco	3	8,02 ns	0,65 **
Resíduo	15	8,69	0,47
Média		32,06 cm	8,39
CV (%)		9,19	8,17
Linear	1	780,12 **	9,44 **
Quadrática	1	3,81 ns	4,12 **
Cúbica	1	2,44 ns	0,54 ns
Desvios	3	1,43 ns	0,61 ns

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$) realizado pelo teste F
ns - não significativo ($p \geq 0.05$).

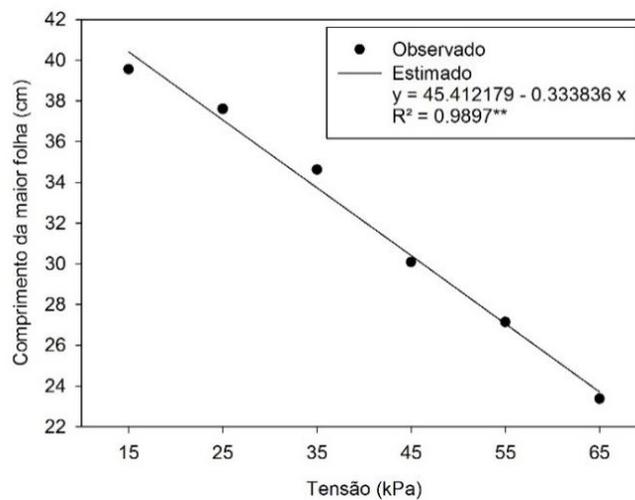


Figura 14 Efeito de diferentes valores de tensão de água no comprimento das folhas

Para cultivar em estudo, o número de folhas médio gira em torno de 7 a 9 folhas por plantas sendo considerado excesso qualquer valor que ultrapasse este limite. Segundo Tivelli (2011), o excesso no número de folhas na beterraba é considerado como um defeito leve, mas em determinada escala dentro do mesmo lote, pode comprometer na classificação do produto. Para a Ceagesp (2011), é tolerável que para a classe extra da beterraba (de maior qualidade comercial) que no máximo 10% do lote esteja com este tipo de defeito.

A função quadrática para o número de folhas em função da tensão de água no solo (Figura 15), obteve melhor ajuste, apresentando o maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,88$). O ponto máximo no número de folhas, com base na equação quadrática, foi de 9 folhas por plantas, para uma tensão de 29 kPa. Este resultado foi superior ao encontrado por Tullio et al. (2013), no qual se comparou o rendimento da beterraba em ambiente protegido e natural, em que ambos casos o número médio de folhas encontrado foi de 7 folhas por planta.

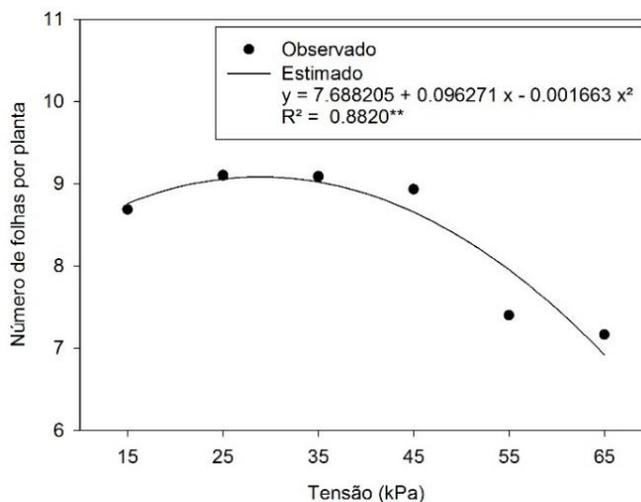


Figura 15 Efeito de diferentes valores de tensão de água, no número de folhas

4.7 Produtividade total

A produtividade total foi significativamente influenciada pelos níveis de tensão de água no solo a 1% de probabilidade (Tabela 11). As variações na produtividade total podem ser explicadas pela equação de regressão linear

decrecente a 1% de probabilidade (Figura 16). A máxima produtividade foi encontrada na tensão de 15 kPa, por meio da equação linear ajustada para esta tensão a produtividade foi de 58,28 Mg.ha⁻¹. Este valor foi inferior aos encontrados por Silva et al. (2015), que para mesma tensão os autores encontraram uma produtividade de 63,3 Mg.ha⁻¹.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância e regressão para a produtividade

Fonte de Variação	G.L	QM	
		Produtividade total	
Tensão	5	1389,8244	**
Bloco	3	205,47908	ns
Resíduo	15	85,72122	
Média		34,08	Mg.ha ⁻¹
CV (%)		27,17	
Linear	1	6558,1353	**
Quadrática	1	150,11659	ns
Cúbica	1	145,17657	ns
Desvios	3	32,29	ns

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$) realizado pelo teste F.
ns - não significativo ($p \geq 0.05$)

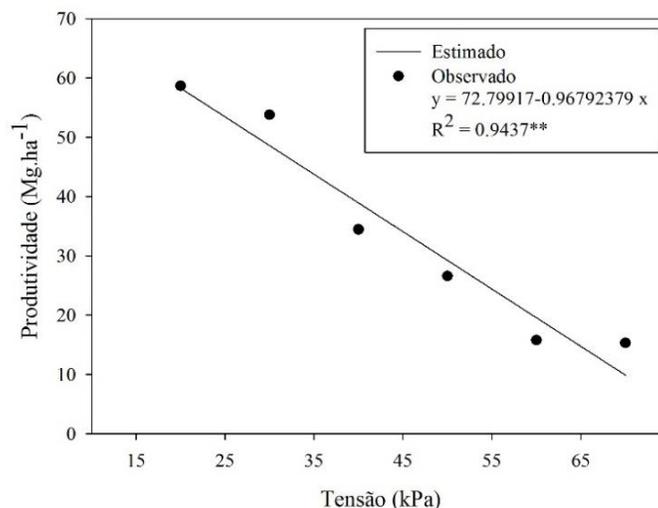


Figura 16 Efeito de diferentes valores de tensão de água na produtividade total

Experimentos utilizando o manejo com base na evapotranspiração na cultura da beterraba açucareira realizado por Fabeiro et al. (2003) e Topak, Suheri e Acar (2010), observou-se uma produção de 77,3 e 118 Mg.ha⁻¹

respectivamente. Ressalva que nos experimentos com diferentes níveis de lâminas de irrigação, as produtividades foram iguais estaticamente quando se considerava uma lâmina mínima aplicada correspondente a 50% da evapotranspiração como demonstrados pelos trabalhos de Fabeiro et al. (2003), Kiyamaz e Ertek (2015).

No entanto nos estudos realizado por Topak et al. (2010) e Carvalho et al. (2011), no qual a lâmina mínima aplicada foi de 25% da evapotranspiração, houve diferença significativa na produtividade. Percebe-se que a cultura da beterraba tolera um deficit máximo de 50% da evapotranspiração a ser aplicada, quando se trata por manejo via umidade no solo este limite crítico pode ter sido ultrapassado nas maiores tensões de água no solo (acima de 35 kPa), afetando diretamente no rendimento da cultura.

4.8 Eficiência do uso da água (EUA)

Na Tabela 12, observa-se que houve efeito significativo, na Eficiência do Uso de Água no cultivo de beterraba, em relação aos níveis de tensão de água no solo, a 1% de probabilidade pela análise de variância. Estudos avaliando diferentes regimes de irrigação, com base na evapotranspiração realizado por Topak, Suheri e Acar (2010), Kiyamaz e Ertek (2015) e Fabeiro et al. (2003), não observou-se diferença estatística na EUA entre as lâminas aplicadas nos experimentos citados.

Geralmente em experimentos que se utilizam o manejo de irrigação com base na evapotranspiração, todas as parcelas são irrigadas com o mesmo turno de rega, mas com lâminas de irrigação em níveis diferenciados. Diferentemente do que ocorre em manejo baseado na umidade do solo, onde o turno de rega não é fixado, ou seja, o intervalo entre as irrigações pode variar dependendo da tensão crítica estabelecida. Deste modo, dependendo do nível de tensão de água no solo adotado, pode ocorrer um déficit hídrico mais acentuado em relação aos outros métodos de manejo de irrigação, devido a ausência de fornecimento de água por um longo período.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância e regressão para a Eficiência do Uso da Água (EUA) em função das tensões de água no solo.

Fonte de Variação	G.L	QM	
			EUA
Tensão	5	10671,10	**
Bloco	3	3614,39	ns
Resíduo	15	1135,27	
Média		155,76	
CV (%)		21,83	
Linear	1	47506,86	**
Quadrática	1	2544,19	ns
Cúbica	1	5,60	ns
Desvios	3	1649,43	ns

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$) realizado pelo teste F

ns - não significativo ($p \geq 0.05$)

De acordo com a Figura 17, verifica-se que a eficiência no uso da água (EUA) apresentou efeito linear decrescente com a tensão de água no solo. O aumento de uma unidade na tensão reduz em $2,60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Os resultados diferem dos encontrados por Silva, Silva e Klar (2013), que para a mesma cultivar e mesmos níveis de tensão de água no solo apresentaram redução de $5,34 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$. Em estudos aplicando de diferentes lâminas de irrigação, por gotejamento, na cultura de beterraba açucareira, Fabeiro et al. (2003) encontraram uma máxima eficiência de $170,55 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$, enquanto Kiyamaz e Ertek (2015) obtiveram a máxima eficiência de $130 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$.

Para a cultivar Early Wonder, Silva, Silva e Klar (2013), encontraram a EUA máxima ($393,1 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$) quando a beterraba foi submetida a tensão de água de solo a 15 kPa. Neste estudo, a EUA máxima foi de $221 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ obtido pela equação linear ajustada na tensão de água no solo correspondente a 15 kPa.

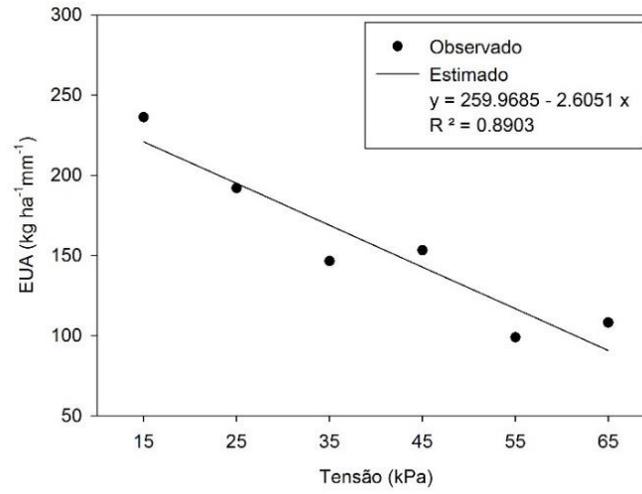


Figura 17 Efeito de diferentes valores de tensão de água no solo na Eficiência do Uso da Água (EUA)

5 CONCLUSÃO

Para obtenção de maiores valores de massa fresca da raiz tuberosa e parte aérea, diâmetro da raiz tuberosa, número e comprimento de folhas, produtividade e uso eficiente de água, as irrigações devem ser realizadas quando a tensão de água no solo estiver em torno de 15 kPa medida a 15 cm de profundidade.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A.W. et al. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 136-141, 2002.

ALLEN, R.G. et al. Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements. 1991. 444p.

AQUINO, L. et al. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 199-203, 2006.

Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas - ABCSEM. (2013). Pesquisa de mercado de sementes de hortaliças. Disponível em <http://www.abcsem.com.br/docs/pesquisa_mercado_2009.pdf > Acessado em, 2015

AZEVEDO, J. A. D.; SILVA, E. M. D. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação**. Embrapa Cerrados, 1999.

BECKMANN, M. Z. et al. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, p. 86-92, 2006.

BELTRÃO, N. E. D. M.; FILHO, J. F.; FIGUEIRÊDO, I. C. D. M. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na e de telados na experimentação agrícola ação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 547-552, 2002.

CABELLO, F.P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, micro aspersión exudación**. 3rd ed. Madrid: Mundi, p.511, 1999.

CARVALHO, D. F. D. et al. Manejo da irrigação associada a coberturas mortas vegetais no cultivo orgânico da beterraba. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 269-277, 2011.

CARVALHO, D. F. D.; OLIVEIRA, L. F. C. D. Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada. **UFV**, p. 240, 2012.

CASALI, V. W. D. Sugestões de adubação para as diferentes culturas em Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais 5 aproximação**, p. 359, 1999.

CÁSSERES, E. **Producción de hortalizas**. Bib. Orton IICA/CATIE, 1980. ISBN 9290390158.

Central de Abastecimento de Minas Gerais - CEASA-MG Minas Gerais (2015) Disponível em:< http://minas.ceasa.mg.gov.br/detec/oferta_preco/oferta_medio_prd/ofertas_medio_prd.php>. **Acessado em**, v. 7, 2016.

Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo –CEAGESP (2016). **Programa brasileiro para modernização da horticultura**, 2011. Disponível em:< <http://www.ceagesp.gov.br/>> Acesso em, 2016.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. D.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1862-1866, 2007.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma: FAO, 1979. 212p, FAO. Riego Drenage, 33.

DOURADO NETO, D. et al. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo, modelo van Genuchten. **Soil Water Retention Curve, SWRC (version 3, 00 beta)**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2001.

DUARTE, L. A. et al. Alterações na temperatura do ar mediante telas nas laterais de ambientes protegidos cultivados com tomateiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 148-153, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solos **Sistema brasileiro de classificação de solos**: Brasília 1999. 412 p.

FABEIRO, C. et al. Production and quality of the sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. **Agricultural water management**, v. 62, n. 3, p. 215-227, 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, G. Panorama da produção em ambiente protegido. **Casa da agricultura, produção em ambiente protegido**, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa. MG: UFV, 357 p. 2006

FONTES, P. C. R.; GUIMARÃES, T. G. Manejo dos fertilizantes nas culturas de hortaliças cultivadas em solo, em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200&201, p. 36-44, 1999.

Food And Agriculture Organization Of The United Nations - Fao. Agrometeorologia. Rome, 1998. Disponível em: <http://javali.facav.unesp.br/sgcd/Home/estação_agro/20080828_100725.htm>. Acesso em: 10 de fevereiro 2016.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: Gotejamento e microaspersão**, 1 ed. Maringá: Eduem, 2012, 356p.

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

GRANGEIRO, L. C. et al. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 267-273, 2007.

HAGAN, R.M. et al. Irrigation of agricultural lands. **Irrigation of agricultural lands.**, 1967.

HASSANLI, A.M; AHMADIRAD, S; BEECHAM, S. Evaluation of the influence of irrigation methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 2, p. 357-362, 2010. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.: Climatologia 2015. Disponível em : < <http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso em: 21 dez 2015.

JONES, H. G. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls on plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*, London, GB, v. 55, n. 407, p. 2427-2436, 2004.

KIYMAZ, S; ERTEK, A. Yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) at different water and nitrogen levels under the climatic conditions of Kırsehir, Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 158, p. 156-165, 2015.

LORENZ, O. A.; MAYNARD, D.N. Handbook for vegetable growers. **John Weley & Sons. New York**, 1988.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **IRRIGAÇÃO: Princípios e Métodos**. atual., 2 reimp. **Viçosa: Editora UFV**, p. 13-40, 2009.

MAROUELLI, W.A Tensiômetro para o controle de irrigação em hortaliças. **Embrapa Hortaliças. Circular Técnica**, 2008.

MAROUELLI, W.A et al. Manejo da água de irrigação. **SOUSA, VF et al**, p. 157-232, 2011.

MÜLLER, J. J. V.; VIZZOTTO, V. J. Manejo do solo para produção de hortaliças em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200/201, 1999.

NASCIMENTO, W. **Perspectivas de produção de sementes de beterraba no Brasil**. 2012. < <http://www.abcsem.com.br/noticias/2400/perspectivas-de-producao-de-sementes-de-beterraba-no-brasil> > Acesso em: 15 de janeiro 2016.

OLIVEIRA NETO, D.H et al. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da beterraba orgânica sob cobertura morta de leguminosa e gramínea. **Hortic. bras**, v. 29, n. 3, 2011.

OLIVEIRA, R. A. et al. Desempenho do Irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.166-173, 2008

OLIVEIRA, R.; RAMOS, M.; AQUINO, L. Manejo de irrigação. **Olericultura: teoria e prática. Viçosa: Suprema**, p. 345-354, 2005.

PIRES, R. C. D. M. et al. Agricultura irrigada. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, São Paulo**, n. 2, p. 98-111, 2008.

PUIATTI, M.; FINGER, F.; FONTES, P. Cultura da beterraba. **Olericultura: teoria e prática. Viçosa: Suprema**, p. 345-354, 2005.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. Manejo do ambiente em cultivo protegido. **Manual técnico de orientação: projeto hortalimento. São Paulo: Codeagro**, 2006.

RESENDE, G.; CORDEIRO, G. Uso da água salina e condicionador de solo na produtividade de beterraba e cenoura no semi-árido do Submédio São Francisco. **Embrapa Semi-Árido. Comunicado técnico**, 2007.

SILVA W.L.C; MAROUELLI W.A. 1998. 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 (eds). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, p.311-348.

SILVA, A. O. et al. Desenvolvimento de cultivares de beterraba sob diferentes tensões da água no solo. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 12-18, 2015.

SILVA, A.O et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo para a beterraba sob estresse salino em ambiente protegido. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 375, 2014.

SILVA, A.O; SILVA F.F.E; KLAR A.E. Eficiência de uso da água em cultivares de beterraba submetidas a diferentes tensões da água no solo. **Water Resources and Irrigation Management** , v2, n1, p 27-36, abril, 2013.

SILVA, A.O; SILVA F.F.E; KLAR A.E. Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. **Engenharia Agrícola**, v35, p.230-241, 2015.

SOUZA, R. J. et al. Cultura da beterraba (Cultivo convencional e Cultivo orgânico). Lavras: UFLA, p. 37, 2003. (Texto acadêmico, 34)

SOUZA, R. J. et al. Olericultura Geral.. Lavras: UFLA, p. 88, 2007. (Texto acadêmico, 60)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. In: (Ed.). **Fisiologia vegetal**: Artmed, 2009.

TANGUNE, B. F. Produção de brócolis irrigado por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo. 2012. 73 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia e Manejo de Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

TESTEZLAF, R. Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações. 2011.

TIVELLI, S. et al. Beterraba, do plantio à comercialização. Série Tecnologia APTA. **Boletim Técnico IAC**, v. 210, 2011.

TOPAK, R; SÜHERI, S; ACAR, B. Comparison of energy of irrigation regimes in sugar beet production in a semi-arid region. **Energy**, v. 35, n. 12, p. 5464-5471, 2010.

TRANI et al. Calagem e adubação da beterraba. **Instituto Agrônomo, Centro de Horticultura**, p. 15, 2013.

TRANI; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S. W. **Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura.** Horticultura Brasileira. 23: 726-730 p. 2005.

TULLIO, J. A. et al. Cultivo de beterraba em ambientes protegido e natural na época de verão. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1074-1079, 2013.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil science society of America journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

VIDA, J. B. et al. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 355-372, 2004.