



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO, TROCAS GASOSAS E QUALIDADE PÓS-
COLHEITA DE *Beta vulgaris* L. EM FUNÇÃO DE DOSES DE ÁCIDO
ASCÓRBICO E DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

ANDERSON CARLOS DE MELO GONÇALVES

**AREIA - PB - BRASIL
FEVEREIRO – 2018**

ANDERSON CARLOS DE MELO GONÇALVES

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO, TROCAS GASOSAS E QUALIDADE PÓS-
COLHEITA DE *Beta vulgaris* L. EM FUNÇÃO DE DOSES DE ÁCIDO
ASCÓRBICO E DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Agronomia”. Área de Concentração: Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias

**AREIA - PB - BRASIL
FEVEREIRO - 2018**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G635c Gonçalves, Anderson Carlos de Melo.

Crescimento, produção, trocas gasosas e qualidade pós-colheita de Beta vulgaris L. em função de doses de ácido ascórbico e de lâminas de irrigação / Anderson Carlos de Melo Gonçalves. - Areia, 2018.
60 f. : il.

Orientação: Thiago Jardelino Dias.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

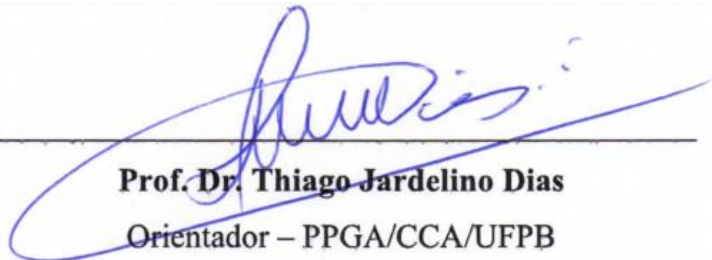
1. Agronomia. 2. Beterraba - Produção. 3. Beta Vulgaris L. I. Dias, Thiago Jardelino. II. Título.

UFPB/BC

ANDERSON CARLOS DE MELO GONÇALVES

**CRESCIMENTO, PRODUÇÃO, TROCAS GASOSAS E QUALIDADE PÓS-
COLHEITA DE *Beta vulgaris* L. EM FUNÇÃO DE DOSES DE ÁCIDO
ASCÓRBICO E DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

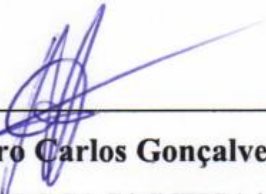
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 15 / 02 / 2018



Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias
Orientador – PPGA/CCA/UFPB



Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira
Examinador – PPGA/CCA/UFPB



Prof. Dr. Álvaro Carlos Gonçalves Neto
Examinador – PPGCAG/ CCHSA/ UFPB

AREIA - PB - BRASIL

FEVEREIRO – 2018

“Quanto mais estudo a natureza, mais me maravilho com a obra do Criador.”

Louis Pasteur (1822-1895)

DEDICATÓRIO

Aos meus pais, ARISTÔ GONÇALVES DE ARAÚJO e CECÍLIA DANIEL DE MELO, por me darem a oportunidade de seguir meus estudos com minhas próprias decisões, me ajudando imensamente na realização de meus sonhos e servirem de exemplos na minha vida.

A minha irmã, Ana Cláudia de Melo Gonçalves, por ter sempre me encorajado e insistido para continuar meus estudos.

A minha amada namorada, esposa, companheira, amiga, AVANY DO NASCIMENTO OLIVEIRA, pelo amor incondicional, carinho, respeito, apoio, incentivo, compreensão, e por estar ao meu lado em todos os momentos, me encorajando a continuar apesar de inúmeras dificuldades empostas.

A meus filhos de coração, Arthur do Nascimento Oliveira, Lucas do Nascimento Silva, Lays do Nascimento Silva, Luan do Nascimento Silva, Heitor da Silva Pereira e Henzo Gabriel da Silva Pereira, por serem meus motivos de crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, criador do céu e da terra, por ter me dado o dom da vida e saúde o suficiente para conquistar com fé, determinação e persistência todos os meus sonhos.

Aos meus pais, ARISTÔ GONÇALVES DE ARAÚJO e CECÍLIA DANIEL DE MELO, por serem exemplos de caráter, honestidade e amor.

A minha eterna amada namorada, esposa, companheira, amiga, AVANY DO NASCIMENTO OLIVEIRA e seus filhos Arthur do Nascimento Oliveira, Lucas do Nascimento Silva, Lays do Nascimento Silva e Luan do Nascimento Silva, e nossos filhos de coração Heitor da Silva Pereira e Henzo Gabriel da Silva Pereira, pelo amor, carinho, paciência, dedicação, incentivo, compreensão e ensinamentos. Pessoas estas que contribuíram muito para meu crescimento pessoal e espiritual.

Aos meus irmãos, Ana Cláudia de Melo Gonçalves, Alexandra de Sousa Gonçalves, Albanete de Sousa Gonçalves, Pedro Adriano de Sousa Gonçalves, Francisco de Sousa Gonçalves, Robson Vieira Pereira, Antônio Marcos de Sousa Gonçalves (*in memoriam*), Alberto Gonçalves de Araújo. Aos meus Sobrinhos, Victor Hugo dos Santos Gonçalves, Benício Leite Vieira, Thales Felipe Gonçalves Vieira, Adriel Felipe Gonçalves Vieira, Andressa Ellen de Sousa Araújo, Vinícius Alves Gonçalves e Amanda Naiara Alves Gonçalves, pelo amor, carinho, apoio, incentivo e por acreditarem em minha potencialidade.

Aos meus avós maternos SEBASTIANA DANIEL e ANTÔNIO DANIEL, e aos paternos AURY FAUSTA MAIA (*in memoriam*) e MANOEL GONÇALVES DA SILVA FILHO (*in memoriam*).

A meus tios (as) e primos (as), pelo amor, carinho, apoio e incentivo.

Às minhas cunhadas, MEIRE RAQUEL e GLEICIA LEITE, pela amizade e carinho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. THIAGO JARDELINO DIAS, pelo tempo dedicado a minha orientação, amizade, paciência, respeito, conselhos e incentivos.

Aos colaboradores de minha pesquisa: JOSE SEBASTIÃO DE MELO FILHO e TOSHIK IARLEY DA SILVA, pelas boas risadas, convivência, amizade, pelos momentos de alegria que passei com vocês dois, tenho a imensa satisfação em dizer que vou levá-los em meu coração por toda a vida.

Ao grupo de pesquisa “Jardelindos”, Ygor Henrique Leal, José Sebastião de Melo Filho, Toshik Iarley da Silva, Joana Gomes de Moura, Leonardo Vieira de Sousa e Ana Gabriela Sousa Basílio, pelos momentos de alegria que passamos juntos no desenvolvimento das pesquisas de nosso grupo, vou levá-los em meu coração por toda a minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de realização do curso e por ter me proporcionado os conhecimentos necessários à obtenção do título de Mestre.

A todos os colegas da turma 2016.1 do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, agradeço por todos os momentos de convivência e pelas superações que passamos juntos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Mestrado.

Ao Centro de Ciências Agrárias (CCA), Campus II da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, Paraíba, em especial aos professores e funcionários que tive a oportunidade de conviver.

Ao Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), Campus III da Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, Paraíba, pela disponibilização dos Laboratórios de Tecnologia e Fisiologia Pós-colheita e de Solos, nas pessoas de Oziel Nunes da Cruz e Everton de Oliveira Teixeira, respectivamente, por ceder o espaço dos laboratórios, auxiliar nos trabalhos e pela convivência harmoniosa.

Aos funcionários do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em especial, ao assessor administrativo Edilson Diniz, o eletricitista Tangerina, o chefe dos terceirizados Lucas, Derôncio, Vaval e o motorista Gabriel, os quais quando necessário, não mediram esforços para me ajudar.

A todos os docentes do Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGA), pelos conhecimentos transmitidos.

À banca examinadora, composta pelos Professores doutores ÁLVARO CARLOS GONÇALVES NETO e WALTER ESFRAIN PEREIRA, pelas valiosas colaborações neste trabalho.

A todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho e em minha formação acadêmica.

Aos meus grandes amigos, João Nogueira, Ronaldo Benevides, Jair Batista, Haron Salvador, Jadison Carlos, Rafael Ramos, Flávio Rangel, Wallace Jordane, Begna Janine, Francisco das Chagas, Mariana Neves, Emmanuel Moreira, Arliston Pereira, Francisco

Ítalo, Vinícius Evangelista, Natan Medeiros, Hélio Andrade e todos os outros grandes amigos que a vida me proporcionou, obrigado por sempre me darem a confiança de vocês.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos, o meu MUITO OBRIGADO!

GONÇALVES, A. C. M. **Crescimento, produção, trocas gasosas e qualidade pós-colheita de *Beta vulgaris* L. em função de doses de ácido ascórbico e de lâminas de irrigação.** Areia, Paraíba. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, fevereiro de 2018. 60 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Orientador: Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias.

RESUMO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma cultura de crescente demanda, no entanto, o fator disponibilidade hídrica é determinante em sua produção. Estratégias fisiológicas que visem o uso do recurso hídrico limitado de forma mais eficiente, é indispensável, sendo o uso de antioxidantes como o ácido ascórbico uma opção. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o crescimento, a produção, as trocas gasosas e a qualidade pós-colheita de *Beta vulgaris* L. em função de doses de ácido ascórbico e de lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido em condições de ambiente protegido no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil, em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco doses de ácido ascórbico (0,00; 0,29; 1,00; 1,71 e 2,00 mM) e cinco lâminas de irrigação (40,0; 51,6; 80,0; 108,4 e 120,0 % da evapotranspiração), combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, totalizando nove tratamentos, com três repetições e três plantas por parcela. Foram realizadas as análises de crescimento, trocas gasosas, clorofilas, fluorescências, produção e pós-colheita. Os dados foram submetidos a análise de variância, de regressão e as avaliações repetidas no tempo por modelo misto. Foram estimados coeficientes de correlação de Pearson nas variáveis ecofisiológicas. As doses de ácido ascórbico nas maiores lâminas de irrigação não expressaram significâncias no crescimento, trocas gasosas, clorofilas, fluorescências e na produção, apenas na qualidade pós-colheita. As maiores lâminas de irrigação incrementaram a produção, no entanto, reduziram índices ecofisiológicos que se correlacionam. Concluiu-se que o crescimento e a produção de beterraba aumentam com as maiores lâminas de irrigação independentemente da aplicação de ácido ascórbico, que influencia a massa foliar isoladamente. As correlações ecofisiológicas são significantes. Doses de ácido ascórbico nas menores lâminas, aumentam a qualidade pós-colheita de beterraba.

Palavras-chave: beterraba, recurso hídrico, antioxidantes, ecofisiologia.

GONÇALVES, A. C. M. **Growth, production, gas exchange and postharvest quality of *Beta vulgaris* L. in function of doses of ascorbic acid and irrigation slides.** Areia, Paraíba. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, february 2018. 60 p. Dissertation (Masters in Agronomy). Postgraduate Program in Agronomy. Supervisor: Dr. Thiago Jardelino Dias.

ABSTRACT

Beet (*Beta vulgaris* L.) is a crop of increasing demand. However, the water availability factor is determinant in its production. Physiological strategies aimed at using the limited water resource more efficiently is indispensable, with the use of antioxidants such as ascorbic acid being an option. The objective of this study was to evaluate the growth, production, gas exchange and postharvest quality of *Beta vulgaris* L. in function of doses of ascorbic acid and irrigation slides. The experiment was conducted under a protected environment at the Centro de Ciências Agrárias, from the Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil, in a randomized complete block design with five doses of ascorbic acid (0.00, 0.29, 1.00, 1.71 and 2.00 mM), and five irrigation slides (40.0, 51.6, 80.0, 108.4 and 120.0% of the evapotranspiration), combined according to the Central Compound of Box experimental matrix, totalizing nine treatments, with three replicates and three plants per plot. Growth, gas exchange, chlorophyll, fluorescence, production and post-harvest analyzes were performed. The data were submitted to analysis of variance, regression and the evaluations repeated in time by mixed model. Pearson correlation coefficients were estimated in the ecophysiological variables. The doses of ascorbic acid in the largest irrigation slides did not express significance in growth, gas exchange, chlorophyll, fluorescence and production, only in postharvest quality. The larger irrigation slides increased production, however, they reduced correlating ecophysiological indexes. It was concluded that the growth and production of beets increase with the highest irrigation depths independently of the application of ascorbic acid, which influences the foliar mass alone. The ecophysiological correlations are significant. Doses of ascorbic acid in the smaller slides increase the post-harvest quality of beet.

Key words: beet, water resource, antioxidants, ecophysiology.

LISTA DE FIGURAS

Artigo I: Crescimento e produção de *Beta vulgaris* L. submetida a doses de ácido ascórbico e lâminas de irrigação

- Figura 1.** Dados climáticos (A) e hídricos (B) em lisímetros de pesagem com reposição de 100% da evapotranspiração em função dos dias após o plantio em *Beta vulgaris* L. 22
- Figura 2.** Interação entre as lâminas de irrigação (%) com os dias após a emergência (DAE), na altura da folhagem do nível do solo (A), diâmetro do tubérculo (DT) (B), número de folhas (NF) (C) e área foliar (AF) (D) em *Beta vulgaris* L.... 25
- Figura 3.** Massa fresca radicular (MFR) (A), massa fresca do tubérculo (MFT) (B) em função da lâmina de irrigação e a interação entre a aplicação de ácido ascórbico (AA) e as lâminas de irrigação na massa fresca foliar (MFF) (C) 26
- Figura 4.** Comprimento radicular (CR) (A), diâmetro transversal do tubérculo (DTT) (B), diâmetro longitudinal do tubérculo (DLT) (C) e massa seca radicular (MSR) (D) em função da lâmina de irrigação. 27
- Figura 5.** Massa seca foliar (MSF) em função da aplicação de ácido ascórbico (A) e da lâmina de irrigação (B) 29

Artigo II: Ecofisiologia de beterraba (*Beta vulgaris* L.) sob lâminas de irrigação e ácido ascórbico

- Figura 1.** Elementos climáticos do ambiente de estudo (A) Dados hídricos nos lisímetros de pesagem com reposição de 100% da evapotranspiração (B), em função dos dias após o plantio da cultura da beterraba (*Beta vulgaris* L.) 38
- Figura 2.** Índices de clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C), fluorescência máxima (Fm) (D), eficiência instantânea do uso da água (WUE) (E) e eficiência intrínseca de uso da água (iWUE) (F), em função das lâminas de irrigação em beterraba (*Beta vulgaris* L.) 40
- Figura 3.** Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis de trocas gasosas (gs, A, Ci, E, VPD, EIC, WUE e iWUE), fluorescências (F0, Fm, Fv/F0 e Fv/Fm) e índices de clorofilas (Ca, Cb e Ct) em beterraba (*Beta vulgaris* L.). Nas lacunas ausentes de coloração, as correlações não foram significativos até 5% de probabilidade 41

Artigo III. Qualidade pós-colheita de beterraba cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e ácido ascórbico

Figura 1. Dados hídricos dos lisímetros de pesagem com reposição de 100% da evapotranspiração em função dos dias após o plantio em *Beta vulgaris* L ... 51

Figura 2. Sólidos solúveis totais (SST) (A), potencial hidrogeniônico (pH) (B), acidez titulável (% de ácido cítrico) (C), relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT) (D) de raízes tuberosas de beterrabas cultivadas em função de lâminas de irrigação (%) e de aplicações de ácido ascórbico (AA) 53

Figura 3. Umidade (A) e massa da matéria seca (B) de raízes tuberosas de beterrabas cultivadas em função de lâminas de irrigação (%) e de aplicações de ácido ascórbico (AA) 55

LISTA DE TABELAS

Artigo I: Crescimento e produção de *Beta vulgaris* L. submetida a doses de ácido ascórbico e lâminas de irrigação

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento 21

Artigo II: Ecofisiologia de beterraba (*Beta vulgaris* L.) sob lâminas de irrigação e ácido ascórbico

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento 38

Artigo III. Qualidade pós-colheita de beterraba cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e ácido ascórbico

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento 50

SUMÁRIO

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE <i>Beta vulgaris</i> L. SUBMETIDA A DOSES DE ÁCIDO ASCÓRBICO E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO	17
RESUMO	17
ABSTRACT	18
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAL E MÉTODOS.....	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	29
ECOFISIOLOGIA DE BETERRABA (<i>Beta vulgaris</i> L.) SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ÁCIDO ASCÓRBICO	36
RESUMO	36
ABSTRACT	36
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAL E MÉTODOS.....	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS	42
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BETERRABA CULTIVADA SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ÁCIDO ASCÓRBICO	46
RESUMO	46
ABSTRACT	47
INTRODUÇÃO.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	49
RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS	56

Artigo I:

Crescimento e produção de *Beta vulgaris* L. submetida a doses de ácido ascórbico e lâminas de irrigação

(Normas da Revista Pesquisa Agropecuária Tropical)

Crescimento e produção de *Beta vulgaris* L. submetida a doses de ácido ascórbico e lâminas de irrigação

RESUMO

No Brasil, a beterraba (*Beta vulgaris* L.) possui crescente demanda. No entanto, a restrição hídrica é determinante em sua produtividade, havendo necessidade de práticas de uso eficiente da água, como o aumento do ajustamento osmótico pela aplicação de concentrações de solutos orgânicos, como o ácido ascórbico. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o crescimento e a produção de beterraba sob doses de ácido ascórbico em diferentes lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido em condições de ambiente protegido no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil, em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco doses de ácido ascórbico (0,00; 0,29; 1,00; 1,71 e 2,00 mM) e cinco lâminas de irrigação (40,0; 51,6; 80,0; 108,4 e 120,0 % da evapotranspiração), combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, totalizando nove tratamentos com três repetições e três plantas por parcela. Foram realizadas as análises de crescimento e produção. Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos a análise de variância e de regressão, e as avaliações repetidas no tempo por modelo misto. Os resultados mostraram que houve incremento no crescimento e na produção da beterraba com o aumento da lâmina de irrigação. O ácido ascórbico via água de irrigação diminuiu a massa das folhas. A massa do sistema radicular foi reduzida até a lâmina de 83% da evapotranspiração, a partir desta houve aumento. O crescimento e a produção aumentam com as maiores lâminas de irrigação independentemente da aplicação de ácido ascórbico, que influencia a massa foliar isoladamente.

Palavras-chave: beterraba, solutos orgânicos, lâmina de irrigação.

ABSTRACT

In Brazil, beet (*Beta vulgaris* L.) has an increasing demand. However, the water restriction is determinant in its productivity, and there is a need for efficient water use practices, such as the increase of the osmotic adjustment by the application of concentrations of organic solutes, such as ascorbic acid. The objective of this research was to evaluate the growth and the production of beets under ascorbic acid doses in different irrigation slides. The experiment was conducted under a protected environment at the Ciências Agrárias, from the Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil, in a randomized complete block design with five doses of ascorbic acid (0.00, 0.29, 1.00, 1.71 and 2.00 mM), and five irrigation slides (40.0, 51.6, 80.0, 108.4 and 120.0% of the evapotranspiration), combined according to the Central Compound of Box experimental matrix, totalizing nine treatments with three replicates and three plants per plot. Growth and production analyzes were performed. The data of the evaluated variables were submitted to analysis of variance and regression, and the evaluations were repeated in the time by mixed model. The results showed that there was an increase in the growth and production of the beet with the increase of the irrigation slide. Ascorbic acid via irrigation water decreased leaf mass. The mass of the root system was reduced up to 83% of the evapotranspiration, from this there was an increase. Growth and production increase with the highest irrigation depths independently of the application of ascorbic acid, which influences leaf mass singly.

Key words: beet, organic solutes, irrigation slide.

INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil (Tivelli et al. 2011), botanicamente pertence à família Quenopodiaceae (Filgueira 2008), destaca-se entre as demais, pelas altas concentrações de vitaminas do complexo B e nutrientes, como potássio, sódio, ferro, cobre e zinco (Alves et al. 2008). No Brasil, a comercialização nos últimos anos encontra-se em ascensão, devido ao aumento na demanda tanto em consumo *in natura*, quanto industrialmente, através do beneficiamento em conservas e alimentos infantis, como corantes em sopas desidratadas, iogurtes e “catchups” (Paiva et al. 2017).

Dentre os fatores necessários para a produção agrícola, o recurso água está cada vez mais escasso, tanto em quantidade quanto em qualidade, sendo a irrigação a forma que requer seu maior consumo, neste sentido, práticas que visem à utilização eficiente da água de irrigação devem ser adotadas (Valnir Júnior et al. 2017). Quando as plantas são submetidas a estresse hídrico ativam-se mecanismos de defesa por antioxidantes, os quais envolvem agentes enzimáticos e não enzimáticos (Kim e Kwak, 2010). Dentre os não enzimáticos destaca-se o ácido ascórbico, que é uma importante micromolécula nos vegetais, envolvida na defesa contra estresses oxidativos, na fotossíntese e na regulação do crescimento (Ahmad et al. 2013; Gallie, 2013).

Uma maneira da indução a tolerância ao estresse oxidativo seria aumentar a quantidade de substratos enzimáticos nas células, como o ácido ascórbico (vitamina C), atuando como um substrato primário na via cíclica da desintoxicação enzimática do peróxido de hidrogênio (Beltagi 2008), pois o baixo potencial osmótico nos vacúolos é balanceado pelos íons inorgânicos que são sequestrados no vacúolo, enquanto os solutos orgânicos são compartimentalizados no citoplasma (Taiz et al. 2017).

Sendo assim, a aplicação de ácido ascórbico nas plantas pode ser recomendado para atenuar os efeitos do estresse oxidativo, além de regular outros processos no metabolismo das plantas (Chen & Gallie 2004), como encontrado nos trabalhos de Azzedine et al (2011) em trigo e Dolatabadian et al. (2010) em milho. Portanto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito de doses de ácido ascórbico e de lâminas de irrigação no crescimento e na produção de beterraba (*Beta vulgaris* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, pertencente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, no Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, na cidade de Areia, Paraíba, Brasil, de 5 de maio (plantio) a 1 de agosto (colheita) de 2017.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco doses de ácido ascórbico (0,00; 0,29; 1,00; 1,71 e 2,00 mM) e cinco lâminas de irrigação (40,0; 51,6; 80,0; 108,4 e 120,0% da evapotranspiração), combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, totalizando nove tratamentos: T₁, 1,71 e 108,4; T₂, 1,71 e 51,6; T₃, 0,29 e 108,4; T₄, 0,29 e 51,6; T₅, 2,0 e 80; T₆, 0,0 e 80; T₇, 1,0 e 120; T₈, 1,0 e 40; e T₉, 1,0 mM e 80% da ETc, com três repetições e três plantas por parcela. A aplicação dos tratamentos iniciou-se em conjunto a partir dos 21 dias após a emergência (DAE) até o término do ciclo da cultura.

As sementes utilizadas foram da beterraba cultivar Maravilha Top Tall Early Wonder, e cada parcela experimental consistiu de três vasos cônicos de 20,5 cm de diâmetro superior, 18 cm de diâmetro inferior e 20 cm de altura, com capacidade volumétrica de 5 dm³, e com furos circulares de 1 cm de diâmetro em suas face inferior, com a finalidade de permitir melhor aeração das raízes e percolação do excesso de água.

Os vasos foram preenchidos por solo de horizonte A coletado na profundidade de 0-20 cm, classificado como Planossolo Háplico Eutrófico êndico (Embrapa 2014), as características químicas e físicas (Tabela 1) foram analisadas de acordo com a metodologia da EMBRAPA (2009) e da EMBRAPA (2014), respectivamente.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento

Análise química do solo												
pH	P	K ⁺	Na ⁺	H+Al	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg	SB	CTC	V	m	MO
--- mg dm ⁻³ ---			----- cmol dm ⁻³ -----					----- % -----			g Kg ⁻¹	
6,26	11,35	40	0,22	1,82	0,00	3,00	1,90	5,22	7,03	74,34	0,00	17,53
Análise física do solo												
Ds	Dp	PT	CC	PMP	Areia	Silte	Argila	Classificação textural				
--- g cm ⁻³ ---	m ³ m ⁻³		----- g kg ⁻¹ -----					- Embrapa -		- Atterberg -		
1,38	2,67	0,48	78	43	756,9	59,1	184,0	Média		Francoarenosa		

pH = água: 1:2,5; P, K, Na = Extrator Mehlich; H+Al = Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; Al, Ca, Mg = Extrator kCl 1 M; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC = Capacidade de Troca Catiônica; V = Saturação por Bases; m = Saturação por Al³⁺; M.O. = Matéria Orgânica;

O solo foi previamente secado ao ar e devidamente homogeneizado, sendo colocado nos vasos acomodados previamente com tela (tecido tule) e 300 g de brita, para evitar a saída de solo dos vasos por seus orifícios inferiores. A semeadura foi diretamente no solo, depositando cinco sementes por vaso, e após 15 DAE realizou-se o desbaste deixando-se a planta mais vigorosa.

Durante o período experimental, foram registrados diariamente ao final da tarde os dados climáticos (Figura 1A) com termohigrômetro digital HT-600 Instrutherm[®], instalado no

interior da área experimental, à altura das plantas. Os valores climáticos médios de temperatura foram próximos da faixa considerada ideal (15 a 25°C) para o desenvolvimento da cultura, segundo Filgueira (2008).

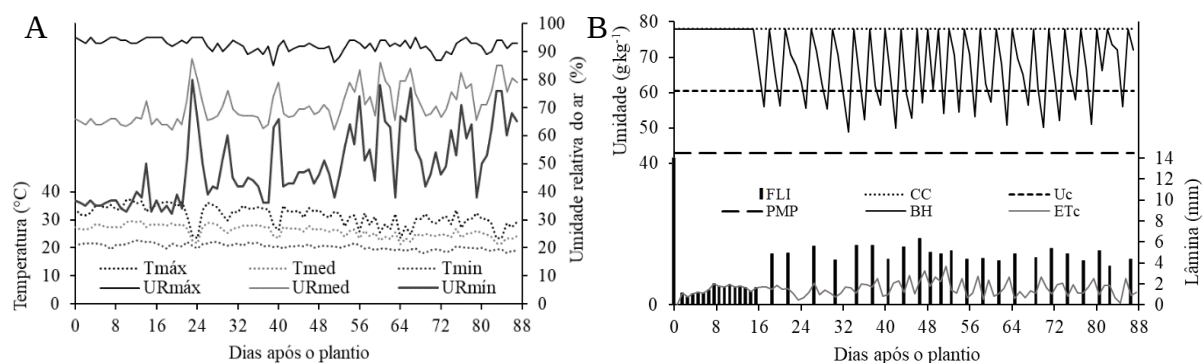


Figura 1. Elementos climáticos do ambiente de estudo (A) e hídricos do solo nos lisímetros de pesagem com reposição de 100% da evapotranspiração (B) em função dos dias após o plantio da beterraba (*Beta vulgaris* L.). Temperaturas do ar máximas (Tmáx), médias (Tmed) e mínimas (Tmin) em °C; umidade relativa do ar máximas (URmáx), médias (URmed) e mínimas (URmin) em %; Balanço hídrico (BH), capacidade de campo (Cc), umidade crítica (Uc), ponto de murcha permanente (PMP), em g kg⁻¹, frequência e lâmina de irrigação (FLI) e evapotranspiração da cultura (ETc), em mm.

A adubação de plantio e cobertura foi nas doses de 40, 180 e 90 kg ha⁻¹ de NPK, respectivamente, com ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, de acordo com a análise química do solo e recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco (IPA 2008). Realizou-se durante a condução do experimento controles fitossanitários de pragas e de plantas daninhas manualmente. Não foram verificadas doenças durante o ciclo da cultura da beterraba.

No primeiro DAE, a lâmina foi calculada pela equação proposta por Mantovani et al. (2009). A irrigação total necessária (ITN), em mm, foi calculada pela equação de Bernardo et al. 2008, considerando 100% de eficiência de aplicação da irrigação. A partir do segundo dia a

lâmina aplicada foi determinada de acordo com a parcela de evapotranspiração registradas por lisímetros de pesagem, com reposição de 100% da evapotranspiração, mantendo a umidade do solo, próximo da capacidade de campo e a umidade crítica, estabelecida em torno de 50% da água disponível, sendo registrados durante todo o ciclo da cultura (Figura 1B).

As variáveis de crescimento foram analisadas aos 22, 37, 52, 67 e 82 DAE no início da manhã. O número de folhas foi contado em todas as plantas, desconsiderando as folhas em senescência. O diâmetro das raízes tuberosas foi tomado medindo-se a distância transversal com uso de paquímetro digital, sendo medidas apenas a parte acima da superfície do solo. Foram medidos todas as plantas com régua graduada, a altura da folhagem do nível do solo, foi medido da superfície do solo ao ponto mais alto das folhas e a área foliar, tomando-se as dimensões de maior comprimento (C) e largura (L), e aplicando-se na fórmula $AF = C * L * f$, sendo AF = área foliar em m^2 ; C = comprimento da folha, em m; L = largura da folha, em m; e f = fator de correção indicado para beterraba (0,692), segundo Simões et al. (2016).

A colheita foi realizada quando o diâmetro atingiu o padrão comercial mínimo de 5 cm (Tivelli et al. 2011), alcançado aos 82 DAE, nos lisímetros de pesagem referenciais com reposição de 100% de evapotranspiração. O comprimento da raiz, tomando-se a medida da base do colo até a extremidade da raiz com régua milimetrada, o diâmetro longitudinal foi determinado com auxílio de um paquímetro digital, a massa fresca do tubérculo, da folha e da raiz foram obtidas pela pesagem em balança semianalítica com precisão de 0,01 gramas, em seguida as folhas e raízes foram postas a secar em estufa com circulação de ar forçada na temperatura de $65^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$, até atingirem peso constante, sendo em seguida pesadas em balança analítica, para a determinação da massa seca da folha e da raiz.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e de regressão polinomial, e para as avaliações repetidas no tempo utilizou-se o modelo misto (MIXED), utilizando-se o pacote estatístico SAS[®] University (Cody, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

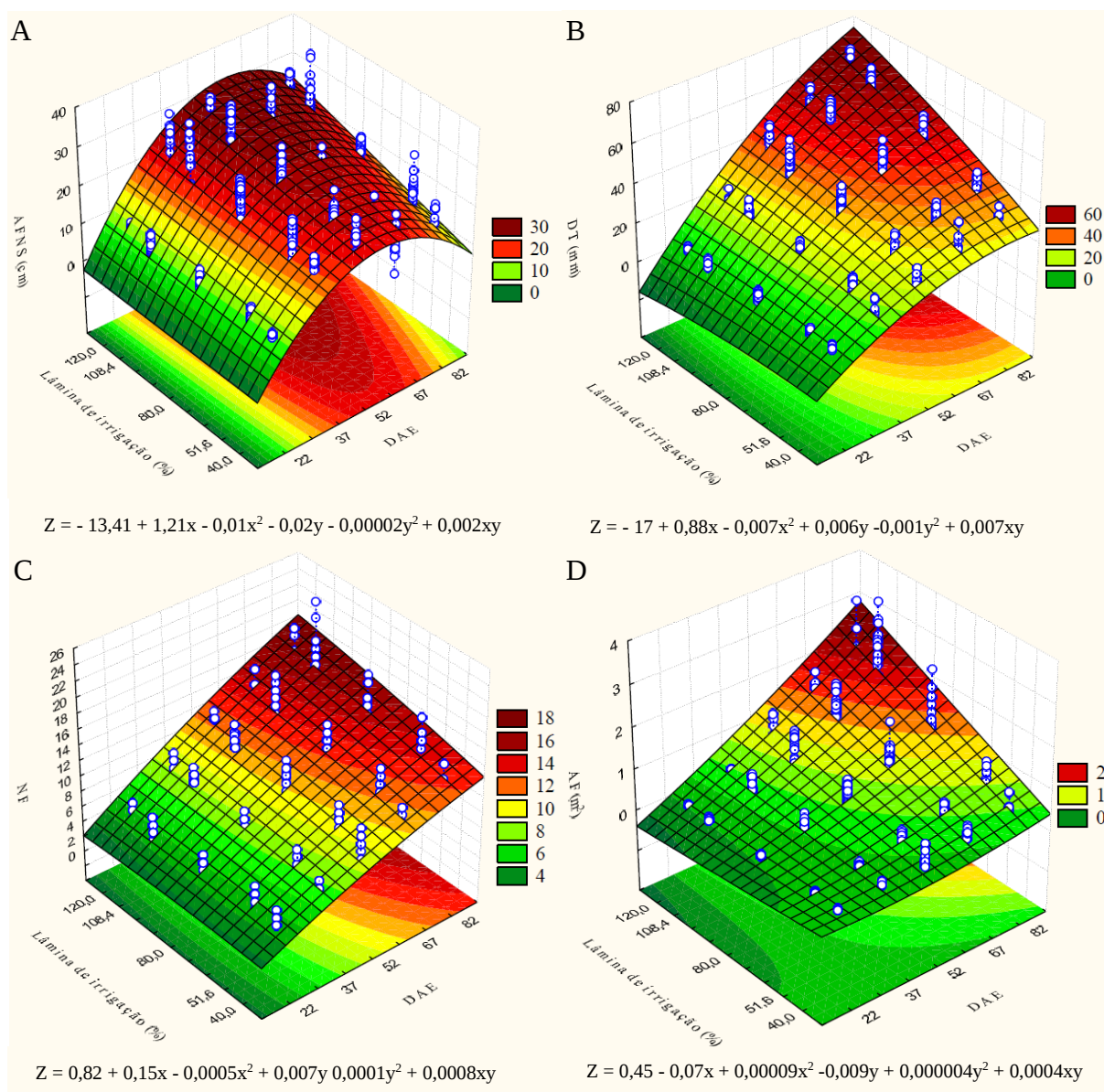
A aplicação de ácido ascórbico (AA) não influenciou no crescimento da cultura da beterraba. Apenas as interações das lâminas de irrigação com os dias após a emergência (DAE) foram significativos em todas as variáveis analisadas.

Houve acréscimos da altura da folhagem do nível do solo (Figura 2A) com o aumento das lâminas de irrigação havendo efeito sinérgico quanto ao adiamento do início do decréscimo em relação aos DAE. Possivelmente a maior disponibilidade de água otimizou a ocorrência dos processos bioquímicos e fisiológicos necessários para o desenvolvimento das plantas, gerando a pressão de turgor essencial para manter a planta ereta, bem como, o alongamento celular, as trocas gasosas e o transporte no floema, além de estar relacionado com o movimento de nutrientes minerais e de fotoassimilados (Kerbaui 2013; Madany & Khalil 2017).

Para o diâmetro dos tubérculos (Figura 2B), houve incrementos positivos com acréscimos nas lâminas de irrigação ao decorrer dos DAE, provavelmente a maior disponibilidade hídrica no solo proporcionou maior absorção de nutrientes, consequentemente a acumulação de carboidratos que se depositam no câmbio vascular, espessando transversalmente os tubérculos ao transcorrer do ciclo da cultura (Al-Ghobari e Dewidar 2017; Meena et al. 2016).

O aumento da lâmina de irrigação incrementou o número de folhas (Figura 2C) e consequentemente a área foliar (Figura 2D) ao decorrer do tempo de cultivo. Possivelmente a redução dessas variáveis com as decrescentes quantidades de água foi uma resposta da planta para garantir a manutenção dos tecidos com o agravamento do estresse (Inman-Bamber et al. 2008), que reduz a emissão de novas folhas, e por consequente a área foliar, sendo uma estratégia de sobrevivência das plantas, uma vez que, reduzindo o número de folhas ocorre

185 diminuição da perda de água por transpiração, e por conseguinte, redução da taxa fotossintética
 186 e menor crescimento (Taiz et al. 2017).



187
 188 Figura 2. Interação entre as lâminas de irrigação (%) com os dias após a emergência (DAE),
 189 na altura da folhagem do nível do solo (AFNS) (A), diâmetro do tubérculo (DT)
 190 (B), número de folhas (NF) (C) e área foliar (AF) (D) em *Beta vulgaris* L.

191
 192 A cultura da beterraba reduz em massa fresca radicular (Figura 3A), quando submetidas
 193 a lâmina de irrigação de até 61%, no entanto, a partir desta há aumento. Provavelmente para

garantir captação de recursos em condições irregulares, ocorre a máxima emissão de pelos radiculares resultando em uma absorção efetiva de água em um maior volume de solo (Santos e Schumacher 2016), semelhante ao encontrado por Ghamarnia et al. (2012) na mesma cultura.

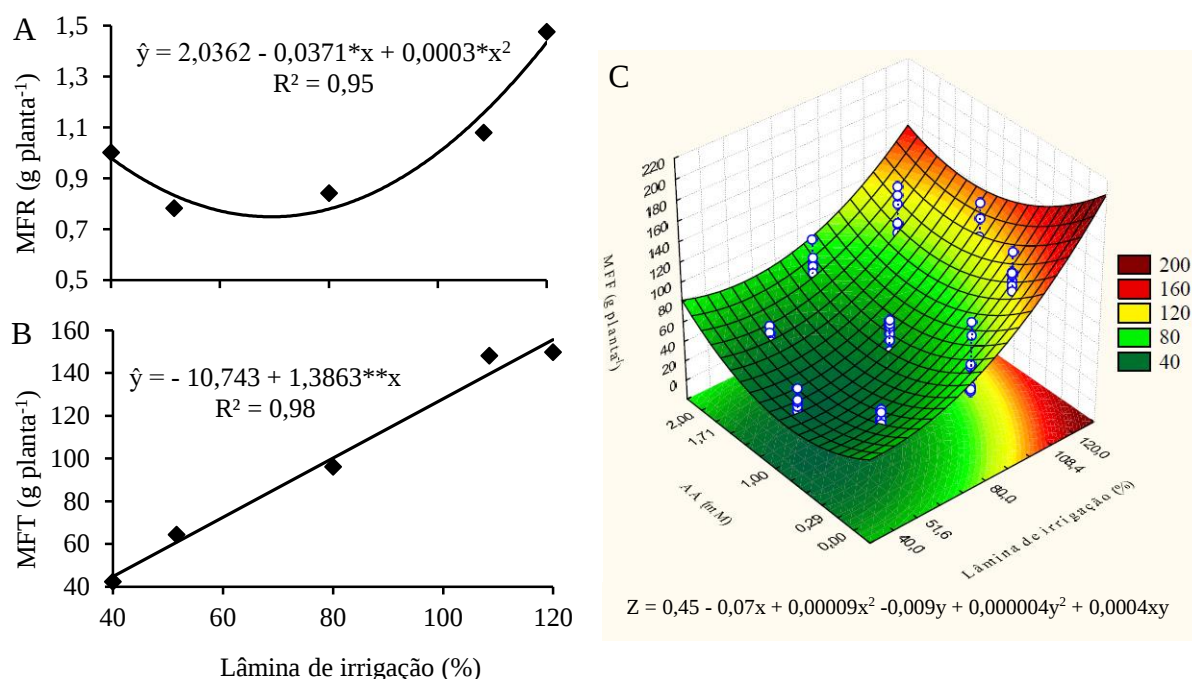


Figura 3. Massa fresca radicular (MFR) (A), massa fresca do tubérculo (MFT) (B) em função da lâmina de irrigação e a interação entre a aplicação de ácido ascórbico (AA) e as lâminas de irrigação na massa fresca foliar (MFF) (C). ** e *, significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

A massa fresca do tubérculo (Figura 3B), ajustou-se linearmente as lâminas de irrigação. Possivelmente, com o aumento no fornecimento de água, houve alteração no turgor celular, beneficiando a formação do cambio vascular como reserva energética, pela elevação do turgor vacuolar nas células em expansão que produz o potencial de pressão necessário para o crescimento e abertura estomática promovendo o influxo externo de CO₂ utilizado na fotossíntese (Hafsi et al. 2014).

O acréscimo das doses de AA nas crescentes disponibilidades hídricas incrementaram a massa fresca foliar (Figura 3C), no entanto, pode-se constatar que as doses de AA dentro de cada lâmina de irrigação afetou negativamente até cerca de 1 mM, no entanto, depois houve acréscimo. Provavelmente houve efeito pró-oxidativo do AA ao gerar espécies reativas de oxigênio devido a não realização de ajustamento osmótico (Hussain et al. 2017), divergindo com os trabalhos de Malik & Ashraf (2012) em trigo e Dolatabadian et al. (2010) em milho.

Para o comprimento radicular (Figura 4A), verificou-se que os dados ajustaram-se ao modelo linear de regressão em função da lâmina de irrigação, por promover maior desenvolvimento do sistema radicular para absorver água em camadas mais profundas do solo, pois o potencial hídrico é maior em maiores profundidades (Viçosi et al. 2017).

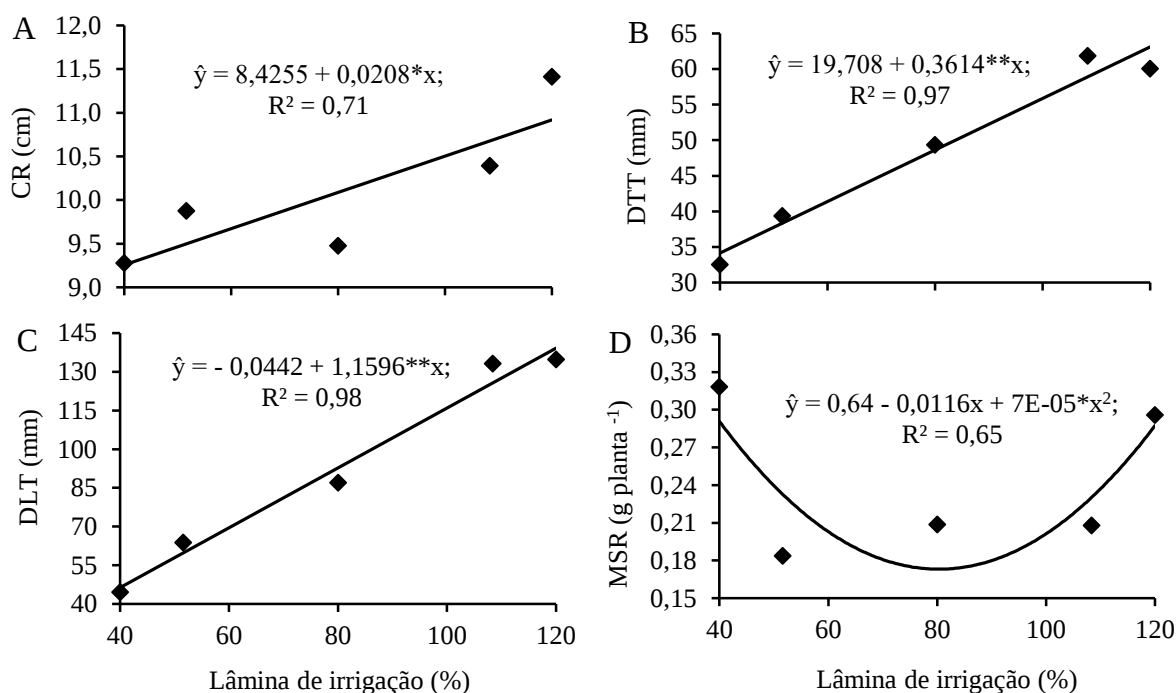


Figura 4. Comprimento radicular (CR) (A), diâmetro transversal do tubérculo (DTT) (B), diâmetro longitudinal do tubérculo (DLT) (C) e massa seca radicular (MSR) (D) em função da lâmina de irrigação. ** e *, significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

O diâmetro transversal (Figura 4B) e longitudinal (Figura 4C) aumentaram linearmente em função das lâminas de irrigação. Provavelmente as maiores lâminas de irrigação proporcionaram rendimentos na realização da fotossíntese, por consequência, maior absorção de nutrientes, que condicionou ao acúmulo de carboidratos (Melo et al. 2010). Desta forma houve a formação e o espessamento dos tecidos primários do cambio vascular originando a raiz tuberosa (Schilling et al. 2016), corroborando com os resultados de Pethybridge et al. (2017).

A lâmina de irrigação de 83% produziu o menor valor de massa seca radicular (Figura 4D), menores fornecimento de água induzem as plantas a investirem seus fotoassimilados na produção em volume de raízes, que geralmente são finas em camadas superficiais do solo, visto que a distribuição e a quantidade de raízes finas são as principais responsáveis pela absorção de água e nutrientes, com função central no ciclo do carbono, além de oferecer mecanismos para proteger as plantas em condições estressantes, como o hídrico (Navroski et al. 2010; Metcalfe et al. 2008).

A massa seca foliar (Figura 5A) decresceu com a aplicação de até 1,18 mM de AA, justificado possivelmente ao efeito inibitório do AA sobre a peroxidação de lipídios (Dolatabadian 2008). A partir desta dose os valores aumentaram, provavelmente para a manter o turgor celular (Kasote et al. 2015). Desta forma, verificou-se que cada parte da planta responde de forma diferente a distintas concentrações de compostos orgânicos por seus padrões de translocação diferencial (Ali & Ashraf, 2011; Hameed et al., 2015).

Houveram menores valores na massa seca foliar (Figura 5B) nas menores lâminas de irrigação, pois em uma situação de menor potencial matricial, há dificuldade na absorção de água, condicionando na diminuição da massa da planta, uma vez que a água fica mais retida no solo, dificultando assim sua absorção pelas plantas, que gastam mais energia para adquiri-la para usá-la em seus processos fisiológicos vitais (Silva et al. 2012; Wang et al. 2007), resultados estes, divergem com os encontrados por Mohammadian et al. (2005).

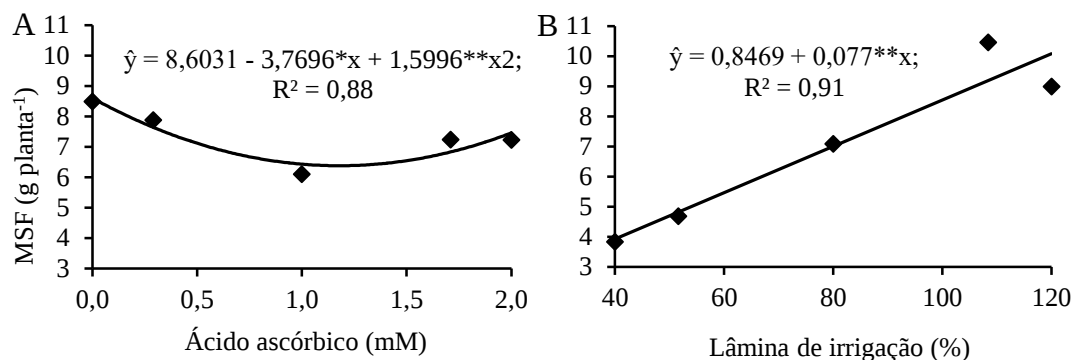


Figura 5. Massa seca foliar (MSF) em função da aplicação de ácido ascórbico (A) e da lâmina de irrigação (B). ** e *, significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

CONCLUSÃO

A aplicação de ácido ascórbico via água de irrigação não afetou o crescimento e a produção da cultura da beterraba, exceto na massa das folhas.

Maiores lâminas de irrigação proporcionam aumento do crescimento e da produção da beterraba.

O sistema radicular da cultura da beterraba diminuiu em massa fresca e seca respectivamente sob lâminas de até 83% e 61% da evapotranspiração, após estas, as massas aumentam.

REFERÊNCIAS

AHMAD, I., BASRA, S.M.A, AFZAL, I., FAROOQ, M.; WAHID, A. Growth improvement in spring maize through exogenous application of ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide. International Journal of Agriculture & Biology, v.15, n.1, p. 95–100, 2013.

- 270 AL-GHOBARI, H. M.; DEWIDAR, A. Z. Deficit irrigation and irrigation methods as on-farm
271 strategies to maximize crop water productivity in dry areas. *Journal of Water and Climate*
272 *Change*, p. 1-11, 2017.
- 273 ALI, Q.; ASHRAF, M. Induction of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) due to exogenous
274 application of trehalose: growth, photosynthesis, water relations and oxidative defence
275 mechanism. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 197, n. 4, p. 258-271, 2011.
- 276 ALVES, A. U; PADRO, R. M; GONDIM, A. R. O; FONSECA, I. M. F; FILHO, A. B. C.
277 Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes.
278 *Horticultura Brasileira*, v. 26, n. 2, p. 457 - 465, 2008.
- 279 AZZEDINE, F.; GHERROUCHA, H.; BAKA, M. Improvement of salt tolerance in durum
280 wheat by ascorbic acid application. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. v. 7, n. 1,
281 p. 27-37, 2011.
- 282 BELTAGI, M. S. Exogenous ascorbic acid (vitamin C) induced anabolic changes for salt
283 tolerance in chick pea (*Cicer arietinum* L.) plants. *African Journal of Plant Science*, v. 2, n. 10,
284 p. 118-123, 2008.
- 285 BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVAN I, E. C. *Manual de Irrigação*. 8.ed. Viçosa:
286 Ed. UFV, 625p. 2008.
- 287 CHEN, Z.; GALLIE, D.R. The ascorbic acid redox state controls guard cell signaling and
288 stomatal movement. *The Plant Cell*, v. 16, n.1, p. 1143–1162, 2004.
- 289 CODY, R. *An introduction to SAS*. Cary: SAS Institute, 2015.
- 290 DOLATABADIAN, A.; SANAVY, S. A. M. M. Effect of the ascorbic acid, pyridoxine and
291 hydrogen peroxide treatments on germination, catalase activity, protein and malondialdehyde
292 content of three oil seeds. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, v. 36, n. 2, p.
293 61-66, 2008.

- 294 DOLATABADIAN A.; MODARRESSANAVY, S. A.M.; ASILAN, K. S. Effect of ascorbic
295 acid foliar application on yield, yield component and several morphological traits of grain corn
296 under water deficit stress conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, v. 2, n. 3, p. 45–50, 2010.
- 297 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de
298 Classificação de Solo. 4. ed., Brasília, DF: Embrapa Solos, 376 p. 2014.
- 299 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de
300 solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 624 p. 2009.
- 301 FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e
302 comercialização de hortaliças. 2.ed. Viçosa: UFV, 412 p. 2008.
- 303 GALLIE, D. R. Ascorbic acid: a multifunctional molecule supporting plant growth and
304 development. *Scientifica*, v.2003, n.1, p.1-24, 2013.
- 305 GHAMARNIA, H.; ARJI, I.; SEPEHRI, S.; NOROZPOUR, S.; KHODAEI, E. Evaluation and
306 comparison of drip and conventional irrigation methods on sugar beets in a semiarid
307 region. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 138, n. 1, p. 90-97, 2011.
- 308 HAFSI, C.; DEBEZ, A.; ABDELLY, C. Potassium deficiency in plants: effects and signaling
309 cascades. *Acta physiologiae plantarum*, v. 36, n. 5, p. 1055-1070, 2014.
- 310 HAMEED, A.; GULZAR, S.; AZIZ, I.; HUSSAIN, T.; GUL, B.; KHAN, M. A. Effects of
311 salinity and ascorbic acid on growth, water status and antioxidant system in a perennial
312 halophyte. *AoB Plants*, v. 7, n. 1, p.1-11, 2015.
- 313 HUSSAIN, I.; SIDDIQUE, A.; ASHRAF, M. A.; RASHEED, R.; IBRAHIM, M.; IQBAL, M.;
314 AKBAR, S.; IMRAN, M. Does exogenous application of ascorbic acid modulate growth,
315 photosynthetic pigments and oxidative defense in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench)
316 under lead stress?. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 39, n. 6, p. 144-156, 2017.
- 317 INMAN-BAMBER, N. G.; BONNETT, G. D. SPILLMAN, M. F.; HEWITT, M. L.;
318 JACKSON, J. Increasing sucrose accumulation in sugarcane by manipulating leaf extension

- 319 and photosynthesis with irrigation. Australian Journal of Agricultural Research, Austrália, v.
320 59, n. 1, p. 13-26, 2008.
- 321 IPA - Instituto Agronômico de Pernambuco. Recomendação de adubação para o Estado de
322 Pernambuco: 2º aproximação. 3.ed. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco, IPA, 212p.
323 2008.
- 324 KASOTE, D. M.; KATYARE, S. S.; HEGDE, M. V.; BAE, H. Significance of antioxidant
325 potential of plants and its relevance to therapeutic applications. International Journal of
326 Biological Sciences, v. 11, n. 8, p. 982-991, 2015.
- 327 KERBAUY, G. B. Relações Hídricas. In: PIMENTA, J. A. Fisiologia vegetal. 2. ed. Rio de
328 Janeiro: Guanabara Koogan, cap. 1, p. 02 - 32. 2013.
- 329 KIM, Y.H.; KWAK, S.S. The role of antioxidant enzymes during leaf development. In:
330 GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfield: Science
331 Publishers, p.129-150. 2010.
- 332 MADANY, M.; KHALIL, R. Seed priming with ascorbic acid or calcium chloride mitigates
333 the adverse effects of drought stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings. The
334 Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany), v. 13, n. 1, p. 119-133, 2017.
- 335 MALIK, S.; ASHRAF, M. Exogenous application of ascorbic acid stimulates growth and
336 photosynthesis of wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought. Soil & Environment, v. 31, n.
337 1, p. 72-77, 2012.
- 338 MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos.
339 Viçosa: UFV, 355p. 2009.
- 340 MEENA, S.; SWAROOP, N.; DAWSON, J. Effect of integrated nutrient management on
341 growth and yield of green gram (*Vigna radiata* L.). Agricultural Science Digest-A Research
342 Journal, v. 36, n. 1, p. 63-65, 2016.

343 MELO, A.S.; SUSSUNA, J.F.; FERNANDES, P.D.; BRITO, M.E.B.; SUSSUNA, A. F.;
344 OLIVEIRA, A. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e
345 rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. *Acta Scientiarum. Agronomy*,
346 v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

347 METCALFE, D. B.; MEIR, P.; ARAGÃO, L. E. O.; COSTA, A. C.; BRAGA, A. P.;
348 GONÇALVES, P. H.; SILVA JUNIOR, J. A.; ALMEIDA, S. S.; DAWSON, L. A.; MALHI,
349 Y.; WILLIAMS, M. The effects of water availability on root growth and morphology in an
350 Amazon rainforest. *Plant and Soil*, v. 311, n. 1, p. 189-199, 2008.

351 MOHAMMADIAN, R; MOGHADDAM, M.; RAHIMIAN, H.; SADEGHIAN, S.Y. Effect of
352 early season drought stress on growth characteristics of sugar beet genotypes. *Turkish journal*
353 *of agriculture and forestry*, v. 29, n. 5, p. 357-368, 2005.

354 NAVROSKI, M. C.; BIALI, L. J.; BIANCHIN, J. E.; CAMARGO, L.; SCHUMACHER, M.
355 V. Quantificação de biomassa e comprimento de raízes finas em povoamento de *Eucalyptus*
356 *cloeziana* F. Muell. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 4, p. 535-540, 2010.

357 PAIVA, P. V. V.; VALNIR JÚNIOR, M.; LIMA, L. S. S.; ROCHA, J. P. A.; DEMONTIEZO,
358 L.; LEVY, F.; ARAGÃO, M. F. Avaliação de crescimento de cultivares de beterraba de mesa
359 sob diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI*, v. 11, n.
360 2, p. 1271 – 1277, 2017.

361 PETHYBRIDGE, S. J.; VAGHEFI, N.; KIKKERT, J. R. Horticultural characteristics and
362 susceptibility of table beet cultivars to cercospora leaf spot in new york. *Hort Technology*, v.
363 27, n. 4, p. 530-538, 2017.

364 SANTOS, K. F.; SCHUMACHER, M. V. Ecofisiologia e crescimento de *Eucalyptus* em
365 condição de déficit hídrico. *Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO*, v. 4, n. 2, p. 33-44,
366 2016.

- SCHILLING, G.; EIßNER, H.; SCHMIDT, L.; PEITER, E. Yield formation of five crop species under water shortage and differential potassium supply. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 179, n. 2, p. 234-243, 2016.
- SILVA, W. G. D.; CARVALHO, J. D. A.; OLIVEIRA, E. C.; REZENDE, F. C.; JUNIOR, J. A.; RIOS, G. F. Manejo de irrigação para o feijão-de-metro, nas fases vegetativa e produtiva, em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 16, n. 9, p.978–984, 2012.
- SIMÕES, W. L.; SOUZA, M. A.; YURI, J. E.; GUIMARÃES, M. M.; GOMES, V. H. F. Desempenho de cultivares de beterrabas submetidas a diferentes lâminas de irrigação no Submédio São Francisco. *Water Resources and Irrigation Management*, v. 5, n. 2, p. 51 – 57, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 888 p. 2017.
- TIVELLI, S.W.; FACTOR, T.L.; TERAMOTO, J.R.S.; FABRI, E.G.; MORAES, A.R.A.; TRANI, P.E.; MAY, A. *Beterraba do plantio à comercialização*. Campinas, SP: IAC, 45 p. 2011.
- VALNIR JÚNIOR, M.; RIBEIRO, F. C.; ROCHA, J. P. A.; LIMA, S. C. R. V.; CARVALHO, C. M.; GOMES FILHO, R. R. Desenvolvimento de um software para o manejo da microirrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 11, n. 2, p. 1324-1330, 2017.
- VIÇOSI, K. A.; FERREIRA, A. A. S.; OLIVEIRA, L. A. B.; RODRIGUES, F. Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 4, n. 5, p. 36-42, 2017.
- WANG, D.; KANG, Y.; WAN, S. Effect of matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. *Agricultural Water Management*, v. 87, n. 2, p. 180-186, 2007.

Artigo II:

Ecofisiologia de beterraba (*Beta vulgaris* L.) sob lâminas de irrigação e ácido ascórbico

(Normas da Revista Ambiente e Água)

Ecofisiologia de beterraba (*Beta vulgaris* L.) sob lâminas de irrigação e ácido ascórbico

RESUMO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil, sendo a limitação do fornecimento de água o principal fator de redução de sua produtividade. Contudo, seu efeito pode ser atenuado com a aplicação de solutos orgânicos, como o ácido ascórbico. Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a ecofisiologia da cultura da beterraba submetida à lâminas de irrigação e a doses de ácido ascórbico. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco doses de ácido ascórbico (0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM) e cinco lâminas de irrigação (40,0; 51,6; 80,0; 108,4 e 120% da evapotranspiração), combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, totalizando nove tratamentos com três repetições. Foram avaliadas as trocas gasosas, índices e fluorescências de clorofilas. Os dados foram submetidos a análise de variância e regressão polinomial. Foram estimados coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis. As lâminas de irrigação influenciaram as clorofilas *a*, *b* e *total*, fluorescência máxima, eficiência instantânea do uso da água e eficiência intrínseca do uso da água. O ácido ascórbico não mostrou efeito. Houve baixa correlação entre as trocas gasosas e a fluorescência. Os índices de clorofilas apenas se correlacionaram entre si. A ecofisiologia da beterraba é pouco influenciada pelas lâminas de irrigação e suas correlações são significantes.

Palavras-chaves: Índices de clorofilas, emissão de fluorescência, trocas gasosas.

ABSTRACT

Beet (*Beta vulgaris* L.) is one of the most cultivated vegetables in Brazil, being the limitation of water supply the main factor reducing its productivity. However, its effect can be attenuated with the application of organic solutes, such as ascorbic acid. The objective of this research was to evaluate the ecophysiology of the beet crop submitted to irrigation slides and ascorbic acid doses. The experiment was conducted at the Centro de Ciências Agrárias, from the Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil. The experimental design was randomized blocks with five doses of ascorbic acid (0.0, 0.29, 1.0, 1.71 and 2.0 mM) and five irrigation slides (40.0, 51.6, 80.0, 108.4 and 120% of the evapotranspiration), combined according to the Central Compound of Box experimental matrix, totalizing nine treatments with three replicates. Gaseous exchanges, indexes and chlorophyll fluorescence were evaluated. Data were submitted to analysis of variance and polynomial regression. Pearson correlation coefficients were estimated between the variables. Irrigation slides influenced chlorophyll *a*, *b* and *total*, maximum fluorescence, instantaneous water use efficiency and intrinsic water use efficiency. Ascorbic acid showed no effect. There was a low correlation between gas exchange and fluorescence. The chlorophyll indexes only correlated with each other. Beet ecophysiology is little influenced by the irrigation slides and their correlations are significant.

Key words: Chlorophyll indices, fluorescence emission, gas exchange.

INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é classificada botanicamente como uma herbácea biennial da família Chenopodiaceae, possuindo variedades com diferentes cores de casca e polpa, as quais variam de amarelo ao vermelho (Singh e Hathane 2014). No Brasil, é uma das hortaliças

mais cultivadas devido à crescente demanda, tanto na forma *in natura* como industrial (Paiva et al., 2017). Possui diversos biótipos, as de maior destaque são a açucareira, utilizada para a extração de açúcar por possuir alto teor de sacarose, a forrageira, empregada na alimentação animal e a beterraba hortícola ou de mesa utilizada na alimentação humana (Tivelli et al., 2011).

Entre os vários fatores limitantes da produção vegetal, a restrição hídrica, ocupa posição de destaque, por afetar as relações hídricas nas plantas, alterando seu crescimento, comportamento fisiológico e produtivo (Silva et al. 2015). O estresse hídrico provoca mudanças morfológicas e fisiológicas, como redução da expansão celular, redução na área foliar, aumento na abscisão foliar, diminuição da relação entre a biomassa da raiz com a parte aérea, como também pode interferir nas trocas gasosas, fluorescência e nos índices de clorofilas (Santos et al., 2006; Taiz et al., 2017). Devido à importância da água no desenvolvimento das plantas e suas implicações em várias propriedades do solo, a determinação do teor de água no solo sempre é de grande interesse, tanto no aspecto científico quanto no econômico (Soares et al., 2014).

As plantas precisam manter seu potencial hídrico interno abaixo daquele verificado no solo para a absorção de água, manutenção do turgor e crescimento. Para isso, requerem aumento no potencial osmótico-hídrico, quer seja através da absorção de íons do solo ou pela síntese e acúmulo de solutos orgânicos compatíveis (Hasegawa et al., 2000).

Uma defesa ao estresse em plantas seria a síntese do ácido ascórbico, pela cadeia transportadora de elétrons (Taiz et al., 2017). O ácido ascórbico atua como substrato primário na via cíclica utilizada para a desintoxicação e neutralização de várias espécies reativas de oxigênio (ROS) dentre estas os radicais superóxidos e o oxigênio singlete (Dolatabadian et al., 2009). Apesar do seu papel como eliminador de ROS, este ácido também está envolvido na capacidade fotossintética pelo controle do movimento de abertura e fechamento dos estômatos, além de ser um cofator de algumas enzimas envolvidas na regulação da fotossíntese (Athar et al., 2008).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar a ecofisiologia da beterraba (*Beta vulgaris* L.) sob doses de ácido ascórbico em lâminas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, na cidade de Areia, Paraíba, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco doses de ácido ascórbico via água de irrigação (0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM) e cinco lâminas de irrigação (40,0; 51,6; 80,0; 108,4 e 120% da evapotranspiração de referência), combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, totalizando nove tratamentos: T₁, 1,71 e 108,4; T₂, 1,71 e 51,6; T₃, 0,29 e 108,4; T₄, 0,29 e 51,6; T₅, 2,0 e 80; T₆, 0,0 e 80; T₇, 1,0 e 120; T₈, 1,0 e 40; e T₉, 1,0 mM e 80% da ET_c, com três repetições e três plantas por parcela. A aplicação dos tratamentos iniciou-se de forma conjugada aos 21 dias após a emergência (DAE) e se estendeu até a colheita.

As sementes utilizadas foram da beterraba (*Beta vulgaris* L.) cultivar Maravilha Top Tall Early Wonder. Cada parcela experimental consistiu de três vasos cônicos de 20,5 cm de diâmetro superior, 18 cm de diâmetro inferior e 20 cm de altura, com capacidade volumétrica de 5 dm³, e com orifícios circulares de 1 cm de diâmetro em sua face inferior. Os vasos foram preenchidos por solo de horizonte A coletado na profundidade de 0-20 cm, classificado como Planossolo Háplico Eutrófico êndico (Embrapa, 2014), suas características químicas e físicas (Tabela 1) foram analisadas de acordo com a metodologia da EMBRAPA (2009) e da EMBRAPA (2014), respectivamente.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

Análise química do solo												
pH	P	K ⁺	Na ⁺	H+Al	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg	SB	CTC	V	m	MO
	--- mg dm ⁻³ ---					cmol dm ⁻³				----- % -----		g Kg ⁻¹
6,26	11,35	40	0,22	1,82	0,00	3,00	1,90	5,22	7,03	74,34	0,00	17,53
Análise física do solo												
Ds	Dp	PT	CC	PMP	Areia	Silte	Argila	Classificação textural				
--- g cm ⁻³ ---		m ³ m ⁻³			g kg ⁻¹			- Embrapa -		- Atterberg -		
1,38	2,67	0,48	78	43	756,9	59,1	184,0	Média		Francoarenosa		

pH = água: 1:2,5; P, K, Na = Extrator Mehlich; H+Al = Extrator Acetato de Cálcio 0,5 M, pH 7,0; Al, Ca, Mg = Extrator kCl 1 M; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC = Capacidade de Troca Catiônica; V = Saturação por Bases; m = Saturação por Al³⁺; M.O. = Matéria Orgânica;

A semeadura foi de forma direta, depositando-se cinco sementes por vaso. Após a estabilização da emergência (15 DAE) foi realizado o desbaste, permanecendo apenas a planta com maior vigor. Durante o período experimental, foram registrados diariamente ao final da tarde os dados climáticos (Figura 1A) com termohigrômetro digital HT-600 Instrutherm®[®], instalado no interior da área experimental, à altura das plantas. Os valores climáticos médios de temperatura foram próximos da faixa considerada ideal (15 a 25°C) segundo Filgueira (2008) para o desenvolvimento da cultura.

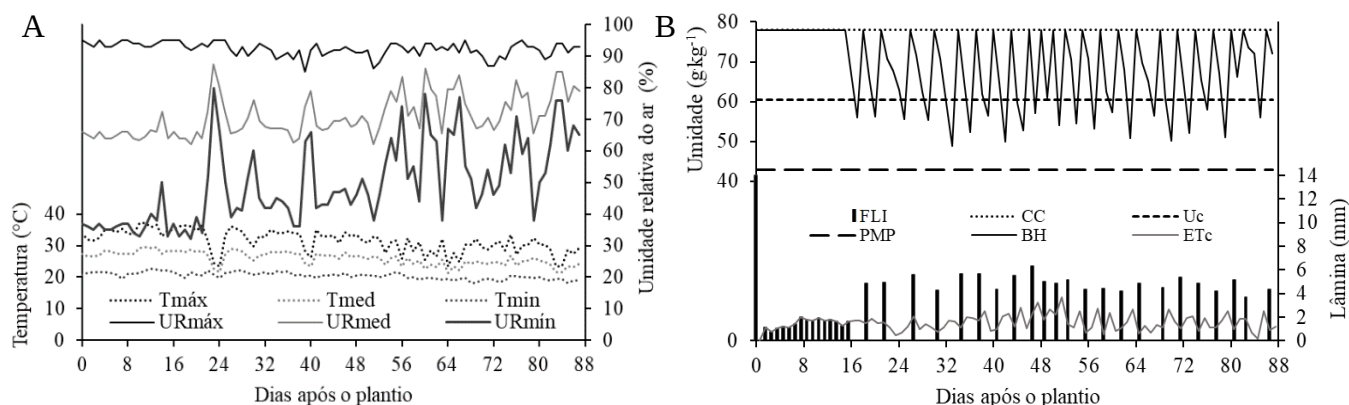


Figura 1. Elementos climáticos do ambiente de estudo (A) e hídricos do solo nos lisímetros de pesagem com reposição de 100% da evapotranspiração (B) em função dos dias após o plantio da beterraba (*Beta vulgaris* L.). Temperaturas do ar máximas (Tmáx), médias (Tmed) e mínimas (Tmin) em °C; umidade relativa do ar máximas (URmáx), médias (URmed) e mínimas (URmin) em %; Balanço hídrico (BH), capacidade de campo (Cc), umidade crítica (Uc), ponto de murcha permanente (PMP), em g kg⁻¹, frequência e lâmina de irrigação (FLI) e evapotranspiração da cultura (ETc), em mm.

As adubações foram nas doses de 40, 180 e 90 kg ha⁻¹ de NPK respectivamente (IPA, 2008), com ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio como fontes. Realizou-se durante a condução do experimento controles fitossanitários de pragas e de plantas daninhas manualmente. Não houve incidência de doenças durante o ciclo.

Para o manejo das lâminas de irrigação, tomou-se como referência a média do peso de nove vasos (lisímetros de pesagem) instalados em meio aos tratamentos, os quais foram pesados diariamente em balança de precisão, durante todo o ciclo da cultura, procurando mantê-los com relação a umidade do solo, próxima da capacidade de campo e a umidade crítica, estabelecida em torno de 50% da água disponível, sendo os valores registrados (Figura 1B).

A lâmina aplicada foi determinada de acordo com a parcela de evapotranspiração registrados pelos lisímetros, sendo que para estes foi repostado 100% da evapotranspiração, no entanto, a primeira lâmina de irrigação foi calculada segundo Mantovani et al. (2009), considerando que umidade em que se encontrava o solo foi de $9,8 \text{ g kg}^{-1}$ e a profundidade do sistema radicular foi de 15 cm (profundidade de solo no vaso). A irrigação total necessária (ITN), em mm, foi calculada de acordo com Bernardo et al. (2008), considerando 100% de eficiência de aplicação.

As análises ecofisiológicas foram realizadas aos 82 DAE entre as 9h00 e 11h00. As determinações do índice de clorofila *a*, *b* e *total* foi na parte mediana de todas as folhas das plantas utilizando-se clorofilômetro eletrônico portátil (ClorofiLog®, modelo CFL 1030, Falker).

As medições de emissão da fluorescência da clorofila foram efetuadas seguindo modelo descrito por Melo et al. (2017), utilizando-se fluorômetro modulado Plant Efficiency Analyser - PEA II® (Hansatech Instruments Co, UK), sendo determinadas a fluorescência inicial (F_0) e a fluorescência máxima (F_m). Foram calculados a fluorescência variável ($F_v = F_m - F_0$), a eficiência máxima do processo fotoquímico no FSII (F_v/F_0) e o rendimento quântico potencial do fotossistema II ($FSII = F_v/F_m$).

As determinações das trocas gasosas foram realizadas com um medidor portátil de fotossíntese - IRGA (LI-COR - modelo LI-6400XT), sendo analisadas a quarta folha a partir do ápice da planta de cada parcela, sempre na região mediana das folhas completamente expandidas, totalmente expostas à radiação solar. Avaliou-se as seguintes características: assimilação líquida de CO_2 (Fotossíntese líquida) (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); concentração de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); déficit de pressão de vapor ($DPV_{\text{folha-ar}}$) (kPa), temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$) (T Leaf). Após a coleta dos dados foram quantificadas a eficiência instantânea do uso da água (WUE) (A/E) [$(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$], a eficiência intrínseca do uso da água (iWUE) (A/g_s) [$(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea de carboxilação (EIC) (A/C_i) [$(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$]. A temperatura variou entre 22,67 e 29,04 $^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa do ar entre 37,92 e 49,00% no espaço de tempo em que as leituras foram tomadas.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e regressão polinomial, utilizando-se o programa estatístico SAS® University (Cody, 2015). Foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis utilizando-se o pacote corrplot (Wei e Simko, 2017) através do programa R (R Core Team, 2017), com até 95% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies vegetais quando são expostas ao déficit hídrico de forma gradual, há ativação de uma complexa série de adaptações morfofisiológicas de aclimação ao estresse, com a finalidade de minimizar seus efeitos (Santos e Carlesso, 1998). As consequências do estresse hídrico nas plantas são muito variadas e dependentes da intensidade e da duração a qual o vegetal está sendo submetida (Mendes et al., 2007).

Não foi verificado efeito significativo das doses de ácido ascórbico, isoladamente ou interagindo com as lâminas de irrigação. As lâminas de irrigação foram significativas de forma independente apenas para índices de clorofilas *a* (Figura 2A), *b* (Figura 2B) e *total* (Figura 2C), fluorescência máxima (Figura 2D), eficiência instantânea do uso da água (Figura 2E) e eficiência intrínseca do uso da água (Figura 2F).

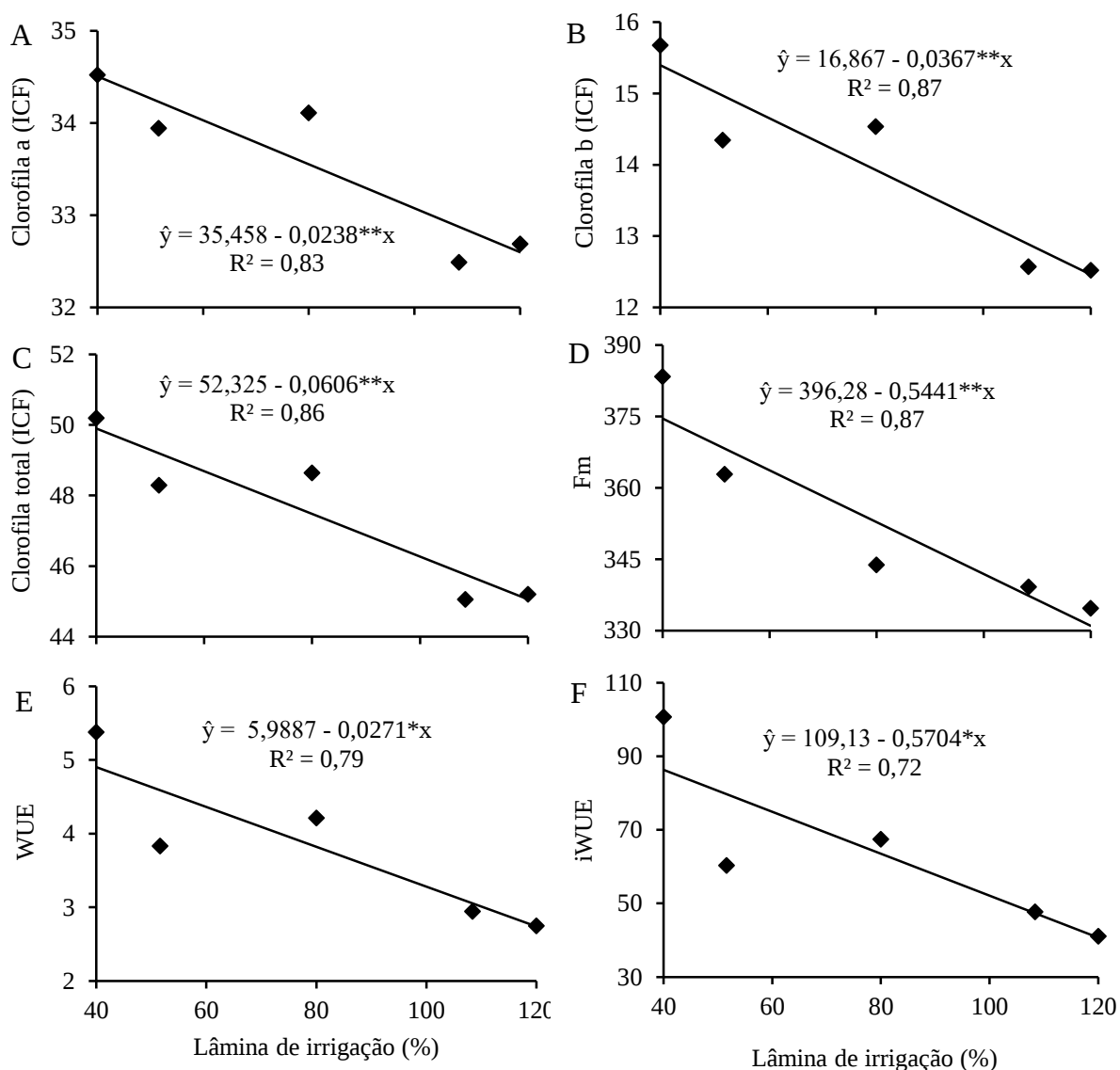


Figura 2. Índices de clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C), fluorescência máxima (Fm) (D), eficiência instantânea do uso da água (WUE) (E) e eficiência intrínseca de uso da água (iWUE) (F), em função das lâminas de irrigação em beterraba (*Beta vulgaris* L.). WUE e iWUE em $(\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$. ** e *, significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente.

As clorofilas são de grande importância na fotossíntese, pois são responsáveis pela captação de energia luminosa, sendo a clorofila *a* de maior destaque, por ser o principal pigmento dos complexos receptores de luminosidade para a realização das reações fotoquímicas (Taiz et al., 2017). O efeito de um agente estressante sobre o teor da clorofila depende de sua intensidade e também da espécie vegetal (Jamil et al., 2007). Os índices de clorofila *a*, *b* e *total* foram incrementados com o aumento do estresse hídrico na cultura da beterraba, o que é esperado em espécies com melhor capacidade de tolerar essa condição (O'Neill et al., 2006), sugerindo que esses pigmentos são bons indicadores fisiológicos na seleção de espécies tolerantes (Silva et al., 2014).

A fluorescência máxima (Fm) comportou-se de maneira decrescente à medida que aumentou-se as lâminas de irrigação, caracterizando deficiência de fotorredução da quinona A (QA), pois valores crescentes de Fm associados a maiores disponibilidade de água, mostram a

não carência na fotorredução da QA, tampouco no fluxo de elétrons entre os fotossistemas (Tatagiba et al., 2014).

A eficiência instantânea do uso da água (WUE) e a eficiência intrínseca de uso da água (iWUE) foram afetados negativamente à medida que aumentou-se a lâmina de irrigação, justificado pelo aumento da concentração de CO₂, se relacionar com a transpiração (E) e com a condutância estomática (gs), (Jadosk et al. (2015), assegurando a manutenção da taxa fotossintética da planta mesmo com o fechamento parcial dos estômatos, devido ao estresse hídrico (Kao e Forseth, 1992).

Através da matriz de correlação (Figura 3), foi verificado que os índices de clorofilas correlacionaram-se entre si, clorofila *a* e *b* de 0,90, clorofila *a* e *total* de 0,97 e clorofila *b* e *total* de 0,98.

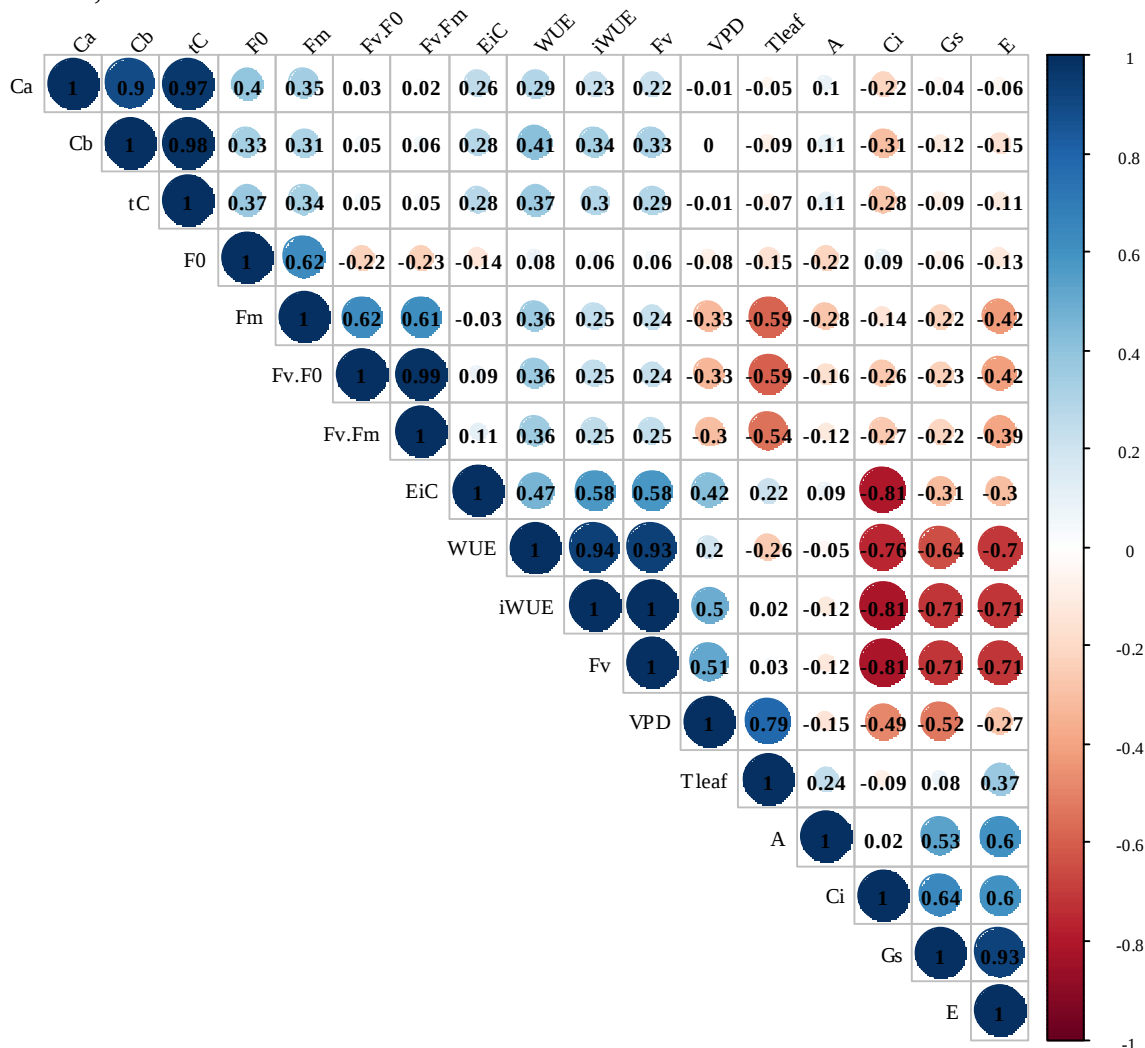


Figura 3. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis de trocas gasosas (gs, A, Ci, E, VPD, EiC, WUE e iWUE), fluorescências (F0, Fm, Fv/F0 e Fv/Fm) e índices de clorofilas (Ca, Cb e tC) em beterraba (*Beta vulgaris* L.). *Nas lacunas ausentes de coloração, as correlações não foram significativas até 5% de probabilidade.

As fluorescências se correlacionaram entre si e com algumas variáveis das trocas gasosas. A Fm se correlacionou com maior expressão a fluorescência inicial (0,62), eficiência máxima do processo fotoquímico no FSII (Fv/F0) (0,62) e com o rendimento quântico potencial do fotossistema II (Fv/Fm) (0,61). A fluorescência variável (Fv) se correlacionou com maior destaque com o déficit de pressão de vapor (DPV) (0,51), WUE (0,93), iWUE (1,00) e

eficiência instantânea de carboxilação (EIC) (0,58). A Fv/F0 se correlacionou com o Fv/Fm (0,99).

Com relação a correlação entre as variáveis das trocas gasosas, foi verificado que a WUE apenas se correlacionou de maneira proeminência com a iWUE (0,94), sendo esta correlacionada à EIC (0,58) e com o DPV (0,50), já este correlaciona-se apenas com a temperatura foliar (Tleaf) (0,79). A Tleaf se correlacionou negativamente com a F0 (0,59), a Fv/F0 (0,59) e com o rendimento quântico potencial do FSII (0,54).

Dos mecanismos fisiológicos correlacionados com as condições hídricas dos vegetais, a Tleaf pode ser usada como indicador relevante do grau de déficit hídrico na planta. Ressalta-se ainda que a E é o principal mecanismo envolvido na regulação da Tleaf devido às menores aberturas estomáticas e, por consequência, ocorrem diminuição da E e aumento da Tleaf, por conta da redução da dissipação do calor latente sinalizando que a capacidade de refrigeração das plantas diminui via E (Vieira Júnior et al., 2007; Kumar et al., 2009).

A gs se correlacionou de forma mais evidente com a fotossíntese líquida (A) (0,53), carbono interno (Ci) (0,64) e E (0,93), no entanto, se correlacionou negativamente com ênfase com a Fv (0,71), WUE (0,64), iWUE (0,71) e com DPV (0,52). A concentração de carbono no interior dos cloroplastos está altamente relacionada à gs, havendo aumento ou diminuição simultânea de ambos. Com isso, o desempenho fotossintético pode ser dificultado quando há restrição na abertura do estômato (Silva et al., 2015), que pode ser ocasionado pelo déficit hídrico ou outros tipos de estresses, pois quanto maior a abertura do estômato, maior será a entrada de CO₂ na câmara subestomática, e conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados. A gs e a resistência estomática, são dependentes, possuem variações em função do processo difusivo da E, abertura estomática e assimilação fotossintética do mesófilo (Lawlor e Tezara, 2009).

A E correlacionou-se expressivamente de forma positiva com a A (0,60) e com o Ci (0,60), entretanto, negativamente com a Fv (0,71), WUE (0,70) e com a iWUE (0,71). O Ci se correlacionou com maior expressão de forma negativa com a Fv (0,81), WUE (0,76), iWUE (0,81) e EIC (0,81). Sabe-se que a absorção de CO₂ ocorre por meio dos estômatos e em concomitância o fluxo de água, por meio do processo da E, sendo o movimento de abertura e fechamento estomático o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas superiores. Desta forma, a indisponibilidade hídrica no solo as culturas pode causar fechamento estomático, limitando a gs e a E, o que por consequência reduz a taxa fotossintética (Silva et al., 2010).

CONCLUSÃO

Maiores lâminas de irrigação reduzem os índices de clorofilas *a*, *b* e *total*, fluorescência máxima, eficiência instantânea do uso da água e eficiência intrínseca do uso da água em beterraba (*Beta vulgaris* L.).

A ecofisiologia de *B. vulgaris* L. não é alterada por doses de ácido ascórbico via lâmina de irrigação.

Os índices de clorofilas não correlacionam-se com emissão de fluorescência e trocas gasosas em *B. vulgaris* L.

A emissão de fluorescência possui baixa correlação com as variáveis de trocas gasosas em beterraba.

REFERÊNCIAS

- ATHAR, H.; KHAN, A.; ASHRAF, M. Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat. **Environmental and Experimental Botany**, v. 63, n. 1-3, p. 224-231, 2008.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8ª. ed. Viçosa: UFV, 625 p. 2008.
- CODY, R. An introduction to SAS. Cary: SAS Institute, 2015.
- DOLATABADIAN, A.; MODARRES SANAVY, S. A. M.; SHARIFI, M. Alleviation of water deficit stress effects by foliar application of ascorbic acid on *Zea mays* L. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 195, n. 5, p. 347-355, 2009.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 4. ed., Brasília, DF: Embrapa Solos, 376 p. 2014.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 624 p. 2009.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2.ed. Viçosa: UFV, 2008, 412 p.
- HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 463-499, 2000.
- IPA - Instituto Agrônomo de Pernambuco. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2ª aproximação. 3.ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA, 212p. 2008.
- JADOSKI, C. J.; RODRIGUES, J. D.; SORATTO, R. P.; SANTOS, C. M.; RIBEIRO, E. Ação fisiológica da piraclostrobina na assimilação de CO₂ e enzimas antioxidantes em plantas de feijão condicionado em diferentes tensões de água no solo. **Irriga**, v. 20, n. 2, p. 319, 2015.
- JAMIL, M.; REHMAN, S.; LEC, K. J.; KIM, J. M.; KIM, H. S.; RHA, E. S. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. **Scientia Agrícola**, v. 64, p. 111-118, 2007.
- KAO, W.Y; FORSETH, I. N. Responses of gas exchange and phototropic leaf orientation in soybean to soil water availability, leaf water potential, air temperature, and photosynthetic photon flux. **Environmental and Experimental Botany**, v. 32, n. 2, p. 153-161, 1992.
- KUMAR, A.; LI, C.; PORTIS, A. R. *Arabidopsis thaliana* expressing a thermostable chimeric Rubisco activase exhibits enhanced growth and higher rates of photosynthesis at moderately high temperatures. **Photosynthesis research**, v. 100, n. 3, p. 143-153, 2009.
- LAWLOR, D. W.; TEZARA, W. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes. **Annals of Botany**, v. 103, p. 561-579, 2009.
- MENDES, F. S.; CASTRO, D. S.; OLIVEIRA NETO, C. F.; LOBATO, A. K. S.; CUNHA, R. L. M.; COSTA, R. C. L. Níveis de prolina e carboidratos solúveis totais em folhas de mogno (*Swietenia macrophylla* King R.A) induzidas ao estresse hídrico e a reidratação. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 939-941, 2007.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV. 2009. 355p.
- MELO, H. F.; SOUZA, E. R.; CUNHA, J. C. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 38-43, 2017.
- O'NEILL, P. M.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. **Crop Science**, v. 46, n. 2, p. 681-687, 2006.

- PAIVA, P. V. V.; JÚNIOR, M. V.; LIMA, L. S. S.; ROCHA, J. P. A.; DEMONTIEZO, F. L. L.; ARAGÃO, M.F. Avaliação de crescimento de cultivares de beterraba de mesa sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 2, p. 1271-1277, 2017.
- R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2017.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- SANTOS, M. G.; RIBEIRO, R. V.; OLIVEIRA, R. F.; MACHADO, E. C.; PIMENTEL, C. The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. **Plant Science**, v. 170, n. 3, p. 659-664, 2006.
- SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, p. 7-13, 2010.
- SILVA, M. D. A.; SANTOS, C. M. D.; VITORINO, H. D. S.; RHEIN, A. F. D. L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 173-181, 2014.
- SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, 2015.
- SINGH, B.; HATHAN, B. S. Chemical composition, functional properties and processing of beetroot-a review. **International Journal of Scientific and Engineering Research**, v. 5, n. 1, p. 679-684, 2014.
- SOARES, F. C.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; RUSSI, J. L.; VIVAN, G. A. Redes neurais artificiais na estimativa da retenção de água do solo. **Ciência Rural**, v. 44, n. 2, p. 293-300, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2017. 888 p.
- TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 2, p. 138-149, 2014.
- TIVELLI, S.W.; FACTOR, T.L.; TERAMOTO, J.R.S.; FABRI, E.G.; MORAES, A.R.A.; TRANI, P.E.; MAY, A. **Beterraba do plantio à comercialização**. Campinas, SP: IAC, 45 p. 2011.
- VIEIRA JÚNIOR, P. A.; DOURADO NETO, D.; OLIVEIRA, R. F.; PERES, L. E. P.; MARTIN, T. N.; MANFRON, P. A.; BONNECARRÈRE, R. A. G. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 555-561, 2007.
- WEI, T.; SIMKO, V. R **package ‘corrplot’**: visualization of a correlation matrix. Matrix R Package (Version 0.84), 2017.

Artigo III:

**Qualidade pós-colheita de beterraba cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e
ácido ascórbico**

(Normas da Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental)

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BETERRABA CULTIVADA SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ÁCIDO ASCÓRBICO

Resumo

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma cultura que possui crescente demanda de consumo no Brasil, devido suas características nutricionais. Todavia, a disponibilidade hídrica é um fator determinante em sua produção, uma alternativa para reduzir os danos causados pelo estresse hídrico é aplicar solutos orgânicos, como ácido ascórbico. Objetivou-se com esta pesquisa, avaliar a qualidade pós-colheita de beterraba cultivada sob diferentes lâminas de irrigação e doses de ácido ascórbico. O experimento foi realizado no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, Paraíba, Brasil, no delineamento inteiramente casualizado, com cinco doses de ácido ascórbico (0,00; 0,29; 1,00; 1,71 e 2,00 mM) e cinco lâminas de irrigação (40,0; 51,6; 80,0; 108,4 e 120,0% da evapotranspiração), combinadas segundo matriz experimental Composto Central de Box, totalizando nove tratamentos com cinco repetições. Foram determinados sólidos solúveis totais, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico, acidez titulável, relação sólidos solúveis totais e acidez titulável, umidade, massa seca e matéria mineral. Os dados foram submetidos a análise de variância e de regressão polinomial. Houve interação significativa entre as lâminas de irrigação e as doses de ácido ascórbico em todas as variáveis, exceto na condutividade elétrica e na matéria mineral. As características pós-colheita de beterraba são melhoradas com aplicações de doses de ácido ascórbico nas menores lâminas de irrigação.

Palavras-chave: *Beta vulgaris* L., disponibilidade hídrica, solutos orgânicos

Abstract

Beet (*Beta vulgaris* L.) is a crop that has an increasing consumption demand in Brazil due to its nutritional characteristics. However, water availability is a determining factor in its production, an alternative to reduce the damage caused by water stress is to apply organic solutes, such as ascorbic acid. The objective of this research was to evaluate the post-harvest quality of beet grown under different irrigation slides and ascorbic acid doses. The experiment was carried out in the Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita from the Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias of the Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, Paraíba, Brazil, in a completely randomized design with five doses of ascorbic acid (0.00, 0.29, 1.00, 1.71 and 2.00 mM) and five irrigation slides (40.0, 51.6, 80.0, 108.4 and 120.0% of evapotranspiration), combined according to the Central Compound of Box experimental matrix, totalizing nine treatments with five replicates. Total soluble solids, electrical conductivity, hydrogenation potential, titratable acidity, total soluble solids and titratable acidity ratio, moisture, dry matter and mineral matter were determined. The data were submitted to analysis of variance and polynomial regression. There was a significant interaction between irrigation slides and ascorbic acid doses in all variables except electrical conductivity and mineral matter. The post-harvest characteristics of beet are improved with applications of ascorbic acid doses in the smaller irrigation slides.

Key words: *Beta vulgaris* L., water availability, organic solutes

INTRODUÇÃO

A beterraba hortícola ou de mesa (*Beta vulgaris* L.) é a mais conhecida no Brasil, se destaca por sua dupla aptidão entre as hortaliças (raízes e folhas), pertence à família Chenopodiaceae, sua origem é da costa do Mediterrâneo (Costa et al., 2017). É uma cultura que possui crescente demanda de consumo no Brasil, tanto *in natura* quanto beneficiada pela indústria, devido a suas altas concentrações de vitaminas e nutrientes (Paiva et al., 2017).

A produção das olerícolas é afetada diretamente pela quantidade de água no solo, por ser determinante na fisiologia vegetal, por participar de todas as fases da planta. Tanto o deficit como o excesso hídrico limitam a produtividade e a qualidade final do produto na maioria das culturas (Sousa et al., 2014; Santos et al., 2016). A irrigação é o trato cultural que mais incrementa a produção das hortaliças. Desta maneira, o adequado manejo e ajustamento da lâmina de irrigação nas culturas, principalmente durante a produção, faz-se necessário para garantia de colheita com maior qualidade (Cavalcante et al., 2016).

Sob estresse hídrico, solutos orgânicos podem ser alterados de forma quantitativa e qualitativa, desencadeando efeitos antioxidantes relevantes em resposta ao estresse devido a restrição na disponibilidade de água, induzindo tolerância a planta (Silva et al., 2016). A aplicação de solutos orgânicos nas plantas sob estresse hídrico pode ser uma alternativa de reduzir o efeito osmótico, proporcionando garantia de produção nas culturas (Lacerda et al., 2012), um osmólito de grande importância como antioxidante é o ácido ascórbico (Terzi et al., 2015).

O uso combinado de determinadas lâminas de irrigação com um soluto orgânico pode contribuir na melhoria da qualidade pós-colheita de raízes tuberosas de beterraba. Tendo em vista a carência de trabalhos científicos envolvendo essa temática, objetivou-se com

esta pesquisa, avaliar a qualidade pós-colheita de beterrabas (*Beta vulgaris* L.) cultivadas sob lâminas de irrigação associadas a doses de ácido ascórbico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, Paraíba, Brasil, de 16 a 18 de agosto de 2017.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco doses de ácido ascórbico (0,00; 0,29; 1,00; 1,71 e 2,00 mM) e cinco lâminas de irrigação (40,0; 51,6; 80,0; 108,4 e 120,0% da evapotranspiração), combinadas segundo a matriz experimental Composto Central de Box, totalizando nove tratamentos: T₁, 1,71 e 108,4; T₂, 1,71 e 51,6; T₃, 0,29 e 108,4; T₄, 0,29 e 51,6; T₅, 2,0 e 80; T₆, 0,0 e 80; T₇, 1,0 e 120; T₈, 1,0 e 40; e T₉, 1,0 mM e 80% da ET_c, com cinco repetições. Os tratamentos iniciaram-se em conjunto aos 21 dias após a emergência (DAE) até o término do ciclo da cultura.

As sementes utilizadas foram da beterraba cultivar Maravilha Top Tall Early Wonder (Feltrin[®] sementes) semeando-se cinco sementes por vaso, que após a estabilização da emergência (5 dias após o plantio) e passados 15 dias, foram desbastadas deixando-se apenas a mais vigorosa. Os vasos utilizados tinham capacidade volumétrica de cerca de 5 dm³, que possuíam furos na face inferior para permitir uma melhor aeração das raízes e facilitar a percolação do excesso de água evitando a saída de solo dos vasos. O solo utilizado foi classificado como Planossolo Háplico Eutrófico êndico (EMBRAPA, 2014), suas características químicas e físicas (Tabela 1) foram analisadas de acordo com a metodologia da EMBRAPA (2009) e da EMBRAPA (2014), respectivamente.

101 **Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento

Análise química do solo												
pH	P	K ⁺	Na ⁺	H+Al	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg	SB	CTC	V	m	MO
	---- mg dm ⁻³ ----					cmol dm ⁻³				----- % -----		g Kg ⁻¹
6,26	11,35	40	0,22	1,82	0,00	3,00	1,90	5,22	7,03	74,34	0,00	17,53
Análise física do solo												
Ds	Dp	PT	CC	PMP	Areia	Silte	Argila	Classificação textural				
---- g cm ⁻³ ----		m ³ m ⁻³				g kg ⁻¹		- Embrapa -			- Atterberg -	
1,38	2,67	0,48	78	43	756,9	59,1	184,0	Média			Francoarenosa	

102 pH = água: 1:2,5; P, K, Na = Extrator Mehlich; H+Al = Extrator Acetato de Cálcio 0,5

103 M, pH 7,0; Al, Ca, Mg = Extrator kCl 1 M; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC =

104 Capacidade de Troca Catiônica; V = Saturação por Bases; m = Saturação por Al³⁺; M.O.

105 = Matéria Orgânica;

106

107 A adubação de plantio e cobertura com foi nas doses de 40, 180 e 90 kg ha⁻¹ de NPK,

108 respectivamente, conforme análise química do solo e recomendação de adubação para o

109 Estado de Pernambuco (IPA 2008). Todas as plantas daninhas foram retiradas durante

110 todo o período de crescimento e produção da cultura, em concomitância com o

111 monitoramento das pragas e doenças, no entanto foram ausentes.

112 A adubação de plantio e cobertura foi nas doses de 40, 180 e 90 kg ha⁻¹ de NPK,

113 respectivamente, com ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, de acordo com a

114 análise química do solo e recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco (IPA

115 2008). Realizou-se durante a condução do experimento controles fitossanitários de pragas

116 e de plantas daninhas manualmente. Não foram verificadas doenças durante o ciclo da

117 cultura da beterraba.

118 Para o manejo das lâminas de irrigação, tomou-se como referência lisímetros de

119 pesagem com reposição de 100% da evapotranspiração. No dia do plantio a lâmina de

irrigação foi calculada segundo Mantovani et al. (2009) sendo considerado profundidade do sistema radicular de 15 cm (profundidade de solo no vaso) elevando a umidade do solo a capacidade de campo, a partir do segundo dia do plantio a lâmina foi determinada de acordo com a parcela de evapotranspiração registrados pelos lisímetros de pesagem, mantendo a umidade do solo entre a capacidade de campo e a umidade crítica, estabelecida de 50% da água disponível, sendo os valores foram registrados durante todo o ciclo da cultura (Figura 1). A irrigação total necessária foi calculada de acordo com Bernardo et al. (2008), considerando 100% de eficiência de aplicação da irrigação.

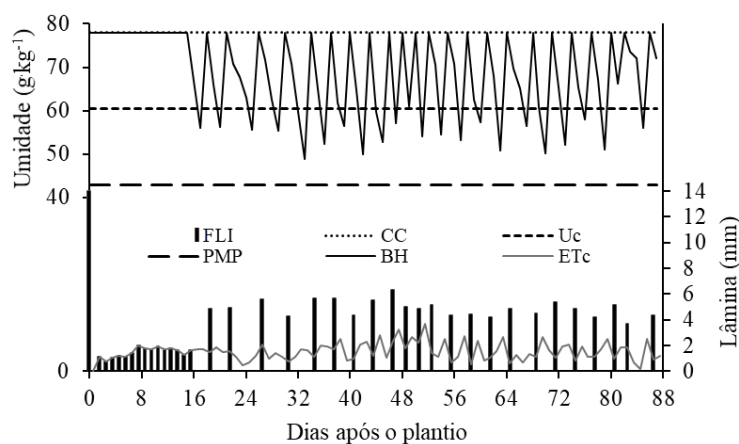


Figura 1. Dados hídricos do solo nos lisímetros de pesagem com reposição de 100% da evapotranspiração em função dos dias após o plantio em *Beta vulgaris* L. Balanço hídrico (BH), capacidade de campo (Cc), umidade crítica (Uc), ponto de murcha permanente (PMP), em g kg⁻¹, e frequência e lâmina de irrigação (FLI) e evapotranspiração da cultura (ETc), em mm

A colheita foi determinada pelas plantas dos lisímetros de pesagem, considerando o diâmetro da raiz tuberosa em torno de 5 cm (Tivelli et al., 2011), alcançado aos 82 dias

após a emergência. Após a colheita, as beterrabas foram conduzidas para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita, para as análises dos sólidos solúveis totais, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável (% de ácido cítrico), relação sólidos solúveis totais e acidez titulável, umidade, matéria seca e matéria mineral (cinzas), determinadas de acordo com o manual do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os dados obtidos das variáveis avaliadas foram submetidos a análise de variância e regressão polinomial, utilizando-se o pacote estatístico SAS[®] University (CODY, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As interações das lâminas de irrigação com as doses de ácido ascórbico (AA) foram significativas para as variáveis pós-colheita das raízes tuberosas de beterraba (*Beta vulgaris* L.), exceto em matéria mineral (cinzas) e condutividade elétrica.

Para sólidos solúveis totais (Figura 2A), verificou-se que um aumento linearmente com o aumento das doses de AA na menor lâmina de irrigação, enquanto que na maior lâmina (120%) praticamente não houve variação. Possivelmente, as maiores reposições hídricas diluíram os sólidos solúveis totais, por consequência diminuíram seus teores na polpa semelhante ao encontrado por Dolker et al. (2017) em citrus e por Silva et al. (2013) em graviola.

Os valores extremos de AA sob estresse hídrico induziram a maiores valores de potencial hidrogeniônico (pH) (Figura 2B). Possivelmente justificado pelos aumentos dos antioxidantes formados pelo estresse hídrico doarem íons de hidrogênio para os radicais livres durante a oxidação causada pela restrição hídrica na polpa das raízes tuberosas da beterraba (Brewer, 2011), tal como verificado por Murshed et al. (2013).

167

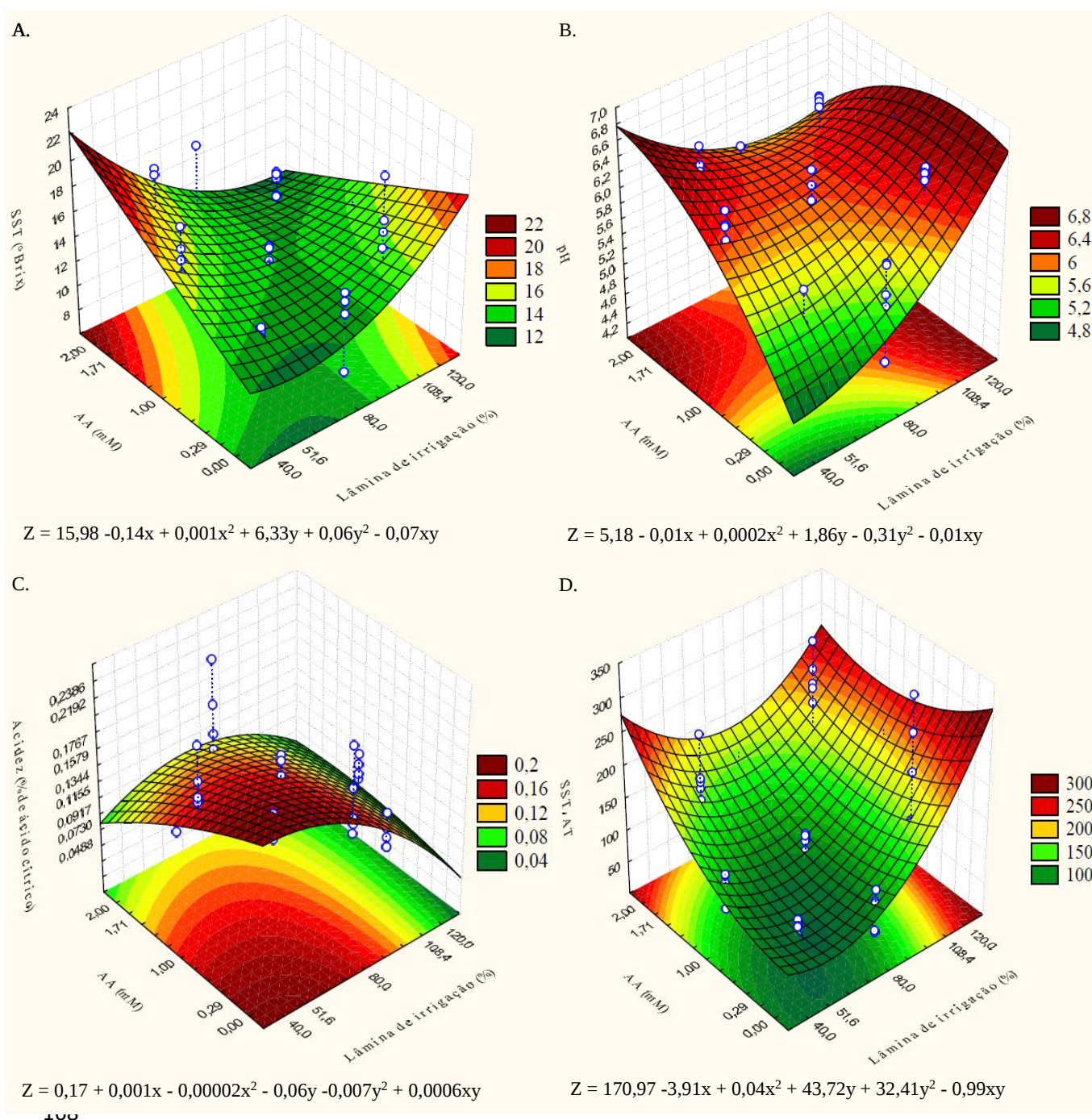


Figura 2. Sólidos solúveis totais (SST) (A), potencial hidrogeniônico (pH) (B), acidez titulável (% de ácido cítrico) (C), relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (SST/AT) (D) de raízes tuberosas de beterrabas cultivadas em função de lâminas de irrigação (%) e de aplicações de ácido ascórbico (AA)

173

Os menores valores de acidez total titulável (% de ácido cítrico) (Figura 2C), foram obtidos a medida em que houve aumento da disponibilidade hídrica e das doses de AA. Provavelmente o AA não auxiliou na acumulação de ácido cítrico, apenas o estresse hídrico, tal resposta pode estar relacionada ao efeito de diluição dos ácidos orgânicos pelo aumento da quantidade de água na produção da cultura (Soares et al., 2013) e da acumulação de diferentes solutos sob estresse hídrico (Wu et al., 2016).

Em virtude da relação inversa dos resultados encontrados dos sólidos solúveis totais e da acidez titulável, foi verificado que as maiores lâminas de irrigação proporcionaram incrementos positivos na relação sólidos solúveis totais e acidez titulável (Figura 2D), não havendo interferência visível das doses de AA, no entanto, foi verificado que nas menores lâminas de irrigação, houve efeito sinérgico do AA no aumento da SST/AT, justificado pelo acúmulo de diversos tipos de solutos orgânicos sintetizados devido a restrição hídrica (Silva et al., 2014).

As maiores doses de AA nas maiores lâminas de irrigação resultaram nos maiores valores de umidade da polpa (Figura 3A). Possivelmente sob déficit hídrico, a aplicação de AA não favoreceu a retenção de água no interior das células das raízes, no entanto, provavelmente a planta manteve sua pressão de turgor durante o estresse hídrico nas folhas, protegendo os compartimentos celulares de possíveis danos ocasionados pela desidratação e favorecendo a fotossíntese (Waraich et al., 2011), pois o AA exerce papel importante na eliminação de espécies reativas de oxigênio produzidas sob condições de restrição hídrica (Hameed et al., 2015).

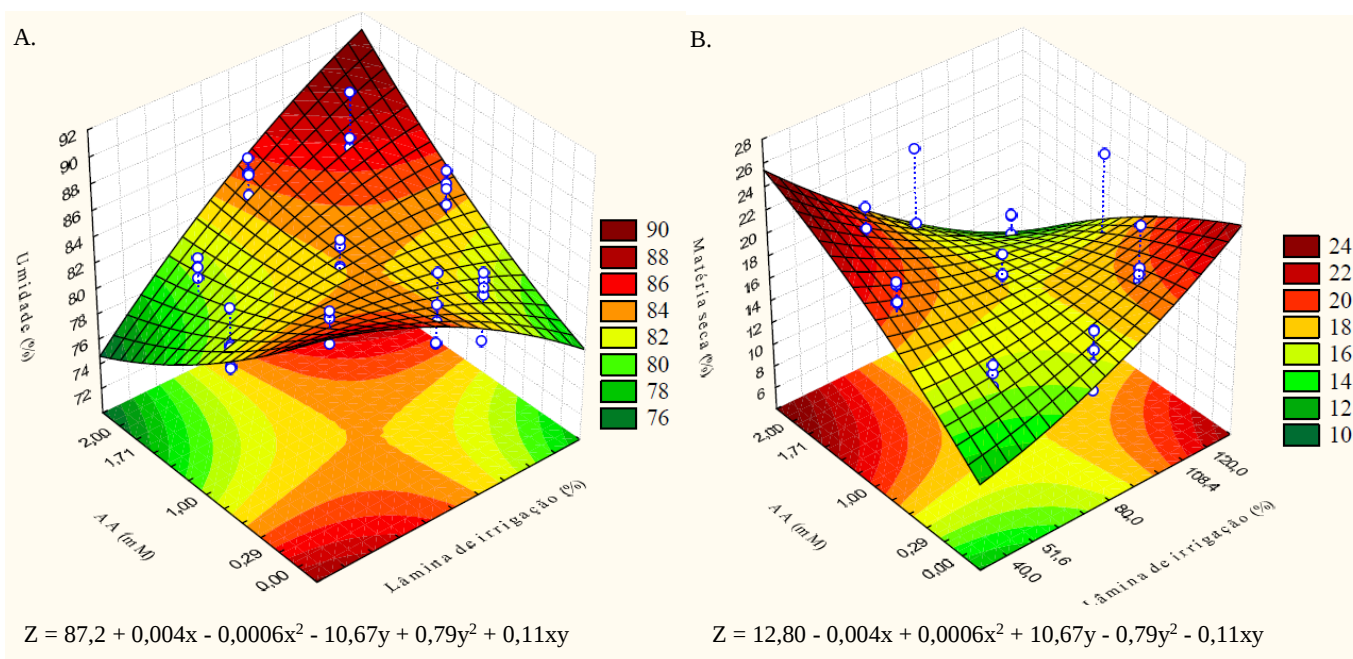


Figura 3. Umidade (A) e massa da matéria seca (B) de raízes tuberosas de beterrabas cultivadas em função de lâminas de irrigação (%) e de aplicações de ácido ascórbico (AA)

Para massa da matéria seca da polpa (Figura 3B), os valores se comportaram de maneira inversa a umidade da polpa, ou seja, as aplicações de AA favoreceram o incremento de massa seca sob restrição hídrica severa, no entanto, sua ação foi reduzida a medida das crescentes disponibilidades hídricas, chegando a ser deletério nas maiores lâminas de irrigação. Provavelmente devido ao efeito pró-oxidativo do AA ao gerar espécies reativas de oxigênio quando não é necessário a realização de ajustamento osmótico (Hussain et al. 2017).

A condutividade elétrica da polpa das raízes tuberosas de beterraba não foi influenciada pelos dois fatores avaliados, com média de 1731,04 $\mu\text{Sm cm}^{-1}$. Possivelmente, o uso de fatores com condutividade elétrica uniformes (AA e lâminas de irrigação) não tenha interferido na condutividade elétrica da polpa, conforme trabalho de Medeiros et al. (2014), que verificou que com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, aumentou a condutividade elétrica da polpa de maracujazeiro amarelo.

A matéria mineral (cinzas) não foi influenciada pelas doses de AA, tampouco pelas lâminas de irrigação, alcançando média de 1,49%. Provavelmente justificado pelo fato que os fatores avaliados não terem contribuído para aumentar a concentração de minerais nas raízes tuberosas, superior ao encontrado por Tivelli et al. (2011), que obteve o valor de 1,1%.

CONCLUSÃO

1. Os sólidos solúveis totais, potencial hidrogeniônico, relação sólidos solúveis totais e acidez titulável e massa seca da polpa de raízes tuberosas de beterraba (*Beta vulgaris* L.) aumentam com as doses de ácido ascórbico e com a menor lâmina de irrigação, que diminuem a acidez titulável e a umidade.
2. A condutividade elétrica da polpa e os teores de minerais (cinzas) não foram alterados pela lâmina de irrigação, tampouco pela aplicação de ácido ascórbico.
3. A umidade da polpa diminuiu e a massa seca aumentou com a maior dose de ácido ascórbico na menor lâmina de irrigação.
4. A maior dose de ácido ascórbico (2mM) na menor lâmina de irrigação (40%) aumenta a qualidade pós-colheita de raízes tuberosas de beterraba.

REFERÊNCIAS

- Bernardo, S.; Soares, A.; Mantovani, E. C. Manual de irrigação. 8.ed. Viçosa, MG: UFV, 625 p. 2008.

- 236 Brewer M. S. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and
237 potential applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 10,
238 p. 221-247, 2011.
- 239 Cavalcante, L. F.; Rocha, L. F.; Silva, R. A. R.; Souto, A. G. L.; NUNES, J. C.;
240 Cavalcante, Í. H. L. Produção e qualidade da graviola sob irrigação e cobertura do solo
241 com resíduo de sisal. *Magistra*, v. 28, n. 1, p. 91-101, 2017.
- 242 Cody, R. An introduction to SAS. Cary: SAS Institute, 2015.
- 243 Costa, F. A.; Nascimento, W. M.; Silva, P. P. Table beet floral induction by artificial
244 vernalization of roots under Brasília conditions. *Savannah Journal of Research and*
245 *Development*, v. 1, n. 1, 2017.
- 246 Dolker, D.; Bakshi, P.; Dorjey, S.; Choudhary, P.; Kour, K.; Singh, M. Effect of Deficit
247 Irrigation Scheduling on Yield and Quality of Kinnow Mandarin Fruits. *International*
248 *Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 6, n. 7, p. 261-269, 2017.
- 249 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de
250 Classificação de Solo. 4. ed., Brasília, DF: Embrapa Solos, 376 p. 2014.
- 251 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas
252 de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 624 p. 2009.
- 253 Hameed, A.; Gulzar, S.; Aziz, I.; Hussain, T.; Gul, B.; Khan, M. A. Effects of salinity and
254 ascorbic acid on growth, water status and antioxidant system in a perennial
255 halophyte. *AoB Plants*, v. 7, p., 2015.
- 256 Hussain, I.; Siddique, A.; Ashraf, M. A.; Rasheed, R.; Ibrahim, M.; Iqbal, M.; Akbar, S.;
257 Imran, M. Does exogenous application of ascorbic acid modulate growth, photosynthetic
258 pigments and oxidative defense in okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) under lead
259 stress?. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 39, n. 6, p. 144-157, 2017.

- 260 IPA - Instituto Agronômico de Pernambuco. Recomendação de adubação para o Estado
261 de Pernambuco: 2º aproximação. 3.ed. Recife: Instituto Agronômico de Pernambuco,
262 IPA, 212p. 2008.
- 263 Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4 ed. São
264 Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 1020 p. 2008.
- 265 Lacerda, F. H. D.; Pereira, F. H. F.; Neves, D. S.; Borges, F. Q. C.; Campos Júnior, J. E.
266 Aplicação exógena de prolina na redução do estresse salino em meloeiro. Revista Verde
267 de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 7, n. 3, p. 218-227, 2012.
- 268 Mantovani, E. C.; Bernardo, S.; Palaretti, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa:
269 UFV. 2009. 355p.
- 270 Medeiros, W. J. F.; Oliveira, F. Í. F.; Cavalcante, L. F.; Costa, L. C.; Rocha, R. H. C.;
271 Silva, A. R. Qualidade química em frutos de maracujazeiro amarelo cultivado em solo
272 com biofertilizantes bovino. Magistra, v. 26, n. 2, p. 156-168, 2014.
- 273 Murshed, R.; Lopez-Lauri, F.; Sallanon, H. Effect of water stress on antioxidant systems
274 and oxidative parameters in fruits of tomato (*Solanum lycopersicon* L, cv. Micro-
275 tom). Physiology and Molecular Biology of Plants, v. 19, n. 3, p. 363-378, 2013.
- 276 Paiva, P. V. V.; Valnir Júnior, M.; Lima, L. S. S.; Rocha, J. P. A.; Demontiezo, L.; Levy,
277 F.; Aragão, M. F. Avaliação de crescimento de cultivares de beterraba de mesa sob
278 diferentes lâminas de irrigação. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 11, n. 2,
279 2017.
- 280 Santos, D. P. D.; Santos, C. S. D.; Silva, P. F. D.; Pinheiro, M. P. M. A.; Santos, J. C.
281 Growth and biomass beet under irrigation supplementary with water different
282 concentrations saline. Revista Ceres, v. 63, n. 4, p. 509-516, 2016.

- 283 Silva, R. A.; Nunes, J. C.; Lima Neto, A. J.; Cavalcante, L. F.; Silva, M. R.; Rodrigues,
284 R. M. Lâminas de irrigação e cobertura do solo na produção e qualidade de frutos da
285 gravioleira. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.8, n.3, p.441-447, 2013.
- 286 Silva, R. F.; Eitelwein, M. T.; Cherubin, M. R.; Fabbris, C.; Weirich, S.; Pinheiro, R. R.
287 Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos. *Ciência*
288 *Florestal*, v. 24, n. 3, p. 609-619, 2014.
- 289 Silva, A. R.; Bezerra, F. M.; Lacerda, C. F. D.; Miranda, R. D. S.; Marques, E. C.;
290 GOMES-FILHO, E. Organic solutes in coconut palm seedlings under water and salt
291 stresses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 11, p. 1002-
292 1007, 2016.
- 293 Soares, L. A.; Brito, M. E. B.; Araújo, T. T.; Sá, F. V. S.; Silva, E. C. B.; Oliveira, E. S.
294 Morfofisiologia e qualidade pós-colheita do tomateiro sob estresse hídrico nas fases
295 fenológicas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, n. 1,
296 p. 239-246, 2013.
- 297 Sousa, G. G.; Viana, T. V. A.; Dias, C. N.; Silva, G. L.; Azevedo, B. M. Lâminas de
298 irrigação para cultura do gergelim com biofertilizante bovino. *Magistra*, v. 26, n. 3, p.
299 343-352, 2014.
- 300 Terzi, R.; Kalaycioglu, E.; Demiralay, M.; Saglam, A.; Kadioglu, A. Exogenous ascorbic
301 acid mitigates accumulation of abscisic acid, proline and polyamine under osmotic stress
302 in maize leaves. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 37, n. 3, p. 43-52, 2015.
- 303 Tivelli, S.W.; Factor, T.L.; Teramoto, J.R.S.; Fabri, E.G.; Moraes, A.R.A.; Trani, P.E.;
304 May, A. Beterraba do plantio à comercialização. Campinas, SP: IAC, 45 p. 2011.
- 305 Waraich, E.A.; Ahmad, R.; Ashraf M.Y.; Ahmad S. M. Improving agricultural water use
306 efficiency by nutrient management in crop plants. *Acta Agriculturae Scandinavica*,
307 Section B - Soil & Plant Science, v. 61, n. 4, p. 291-304, 2011.

- 308 Wu, G. Q.; Feng, R. J.; Shui, Q. Z. Effect of osmotic stress on growth and osmolytes
309 accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants. Plant Soil Environ, v. 62, n. 4 p.
310 189-194, 2016.
- 311 Zhang, H.; Xiong, Y.; Huang, G.; Xu, X.; Huang, Q. Effects of water stress on processing
312 tomatoes yield, quality and water use efficiency with plastic mulched drip irrigation in
313 sandy soil of the Hetao Irrigation District. Agricultural Water Management, v. 179, p.
314 205-214, 2016.