

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

EPITÁCIO JOSÉ DE SOUZA

**IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NAS CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS DO MILHO DOCE E SUA RENTABILIDADE ECONÔMICA NO
NORDESTE SUL-MATO-GROSSENSE**

CHAPADÃO DO SUL – MS
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

EPITÁCIO JOSÉ DE SOUZA

**IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NAS CARACTERÍSTICAS
AGRONÔMICAS DO MILHO DOCE E SUA RENTABILIDADE ECONÔMICA NO
NORDESTE SUL-MATO-GROSSENSE**

Orientador: Prof. Dr. Fernando França da Cunha

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia, área
de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS
2014



Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Câmpus de Chapadão do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

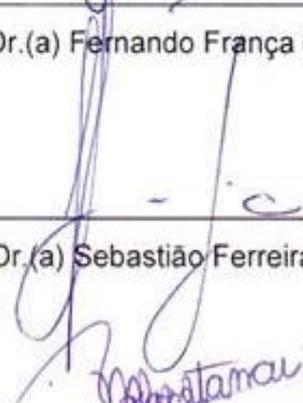
DISCENTE: Epitácio José de Souza

ORIENTADOR(A): Prof.(a) Dr.(a) Fernando França da Cunha

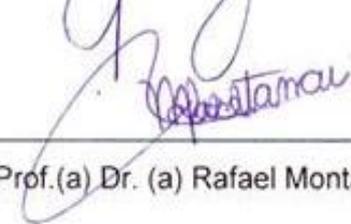
**IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE AS CARCTERÍSTICAS
MORFOLÓGICAS DA ESPIGA DO MILHO DOCE E SUA VIABILIDADE
ECONÔMICA NO NORDESTE SUL-MATOGROSSENSE.**



Prof.(a) Dr.(a) Fernando França da Cunha



Prof.(a) Dr.(a) Sebastião Ferreira de Lima



Prof.(a) Dr. (a) Rafael Montanari

Chapadão do Sul, 04 de fevereiro de 2014

A DEUS Pai, por me proporcionar uma vida maravilhosa, na
qual posso compartilhar com o próximo.

Aos meus pais, José Vitalino de Souza e Maria Martins do
Carmo Souza pelo incentivo e apoio nas minhas decisões

Ao meu irmão, Hugo Manoel de Souza, pelo
companheirismo e amizade.

Ao meu Orientador, Fernando França da Cunha, pela
oportunidade e auxílio

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha existência.

Aos meus pais José Vitalino de Souza e Maria Martins do Carmo Souza e o meu irmão Hugo Manoel de Souza que sempre me deram apoio, incentivo e confiança.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus de Chapadão do Sul, MS e ao Programa de Pós-graduação em agronomia pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo CAPES/REUNI.

Ao professor Fernando França da Cunha, pela convivência diária e por toda orientação, confiança, paciência, oportunidades, incentivos e conselhos que me foram dados durante a pós-graduação.

A professora Simone Pereira da Silva, pela sua atenção e auxílio no estudo de análise econômica.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em agronomia, pelo conhecimento transmitido.

A técnica de laboratório e colega de mestrado Monica C. R. Z. Borges, pela ajuda que possibilitaram a realização da parte experimental do meu trabalho.

Aos colegas de pós-graduação pelo incentivo e apoio durante o curso.

A Syngenta Seeds LTDA, pela doação das sementes.

A Fundação Chapadão, pelo apoio no fornecimento de materiais para a condução do experimento.

Ao Grupo Feltre pela doação das cápsulas porosa dos tensímetros.

Aos alunos Fernando Fagner, Osvaldir, Thiago Ramos, Fernando Mendes, Gabriel Piati, Kéuly Medinna, Eduardo Pradi, Eduardo Denadai e Odilon Celestino, pelo auxílio na condução do experimento, na coleta de dados e pela amizade.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meus agradecimentos.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

SOUZA, Epitácio José. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Irrigação e adubação nitrogenada nas características agronômicas do milho doce e sua rentabilidade econômica no nordeste sul-mato-grossense.

Professor Orientador: Fernando França da Cunha

O Milho doce (*Zea mays* var. *saccharata* Sturt) é uma hortaliça de destaque em países de clima temperado. No Brasil ainda apresenta pouca expressão quando comparada com as demais hortaliças. Um dos motivos que restringe a expansão do seu cultivo é o baixo número de informações relacionadas ao manejo da cultura nas condições tropicais. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da irrigação e da adubação nitrogenada em duas épocas de cultivo sobre as características agronômicas e da rentabilidade econômica do milho doce na região nordeste do Mato Grosso do Sul. O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus de Chapadão do Sul, MS. O experimento foi conduzido em parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125% da evapotranspiração da cultura - ETc), nas subparcelas quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 100, 200, 300 kg ha⁻¹) e nas sub-subparcelas duas épocas de cultivo (Inverno/Primavera e Verão/Outono), no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. O manejo hídrico e nutricional afetaram os aspectos quantitativos e qualitativos da produção de milho doce na região nordeste do Mato Grosso do Sul. O milho doce semeado no Inverno/Primavera apresentou maior influência da irrigação e da adubação nitrogenada na qualidade da produção. A lâmina de 85% ETc proporcionou maior número de grãos por espiga no milho doce semeado na época Inverno/Primavera. As doses crescentes de nitrogênio proporcionou um aumento linear no comprimento da espiga do milho doce semeado no inverno. O número de palha por espiga sofreu influência das lâminas de irrigação independente da época de cultivo. As lâminas de 50 e 125% da ETc, proporcionam maiores produtividades para o milho doce cultivado no Verão/Outono e no Inverno/Primavera respectivamente. A adubação nitrogenada não afeta a qualidade de espiga. Na época Inverno/Primavera, a adubação nitrogenada não afeta a produtividade de milho doce e no Verão/Outono, a dose que maximiza a produtividade de espigas é de 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio. A produção de milho doce no nordeste sul-mato-grossense é economicamente rentável na época de cultivo Inverno/Primavera apenas para a lâmina de 125% da ETc e as lâminas de 50, 75 e 100% da ETc para a época Verão/Outono.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação por gotejamento. Nutrição. Custo operacional efetivo.

ABSTRACT

SOUZA, Epitácio José. Federal University of Mato Grosso do Sul. Irrigation and nitrogen fertilization sweet corn crop characteristics its economic profitability in northeastern in Mato Grosso do Sul.

Advisor: Fernando França da Cunha

Sweet corn (*Zea mays* var. *Saccharata* Sturt) is a vegetable crop featured in temperate countries. In Brazil still shows little expression when compared with the other vegetable crops. One reason that restricts the expansion of cultivation and low number of information related to crop management under tropical conditions. This study aimed to evaluate the effect of irrigation and nitrogen fertilization in two cropping seasons on agronomic features and economic profitability of sweet corn in northeastern region of Mato Grosso do Sul, Brazil. The work was conducted in the experimental area of the Federal University of Mato Grosso do Sul, in campus Chapadão do Sul, city. The experiment was conducted in of split plot scheme, having in the plots four irrigation depths (50, 75, 100 e 125% of crop evapotranspiration-ETc) and in the subplots, four nitrogen rates (0, 100, 200, 300 kg ha⁻¹) and in the sub-subplots, two cropping seasons (Winter/Spring and Summer/Autumn), in the randomized blocks design with four replication. The water and nutrient management affect quantitative and qualitative aspects of the production of sweet corn in northeastern region of Mato Grosso do Sul, Brazil. Sweet corn sown in Winter/Spring, a greater influence of irrigation and nitrogen fertilization on production quality. The depths 85% of ETc provides the highest number of kernels per ear in sweet corn sown in Winter/Spring. The increasing levels of nitrogen caused a linear increase in the length of the ears sweet corn sown in Winter/Spring. The number of straw per ear, influenced levels irrigation independent growing season. Water depths 50 and 125% of ETc were those that provided the highest yield for sweet corn grown in Summer/Autumn and Winter/Spring, respectively. Nitrogen fertilization did not affect the quality of ear. In season Winter/Spring, the nitrogen fertilization does not affect the yield of sweet corn and Summer/Autumn, the dose that maximizes the yield of ears is 300 kg ha⁻¹ of nitrogen. The production of sweet corn in northeastern in Mato Grosso do Sul is economically profitable in the cultivation period Winter/Spring just for the blade 125% of ETc and the blades 50, 75 and 100% of ETc for the Summer/Autumn season.

KEY WORDS: Drip irrigation. Plant nutrition. Operational cost effective.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA		PÁGINA
1	Curvas de retenção de água no solo para as camadas (A) 0-20 cm e (B) 20-40 cm. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012.....	10
2	Croqui da área experimental.....	11
3	Sistema de irrigação localizado por gotejamento, (A) Fita gotejadoras distribuídas para cada fileira de plantas. (B) Linha de linha de derivação. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012.....	12
4	Profundidade de raiz. (A) Trincheira aberta expondo as raízes do milho doce. (B) Determinando a profundidade máxima de raiz. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2013.....	18
5	Variação diária da radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}), nas épocas de cultivo: (A) Inverno/Primavera e (B) Verão/Outono. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	24
6	Variação diária da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluvial (mm), nas épocas de cultivo: (A) Inverno/Primavera e (B) Verão/Outono. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	25
7	Acúmulo térmico diário (graus dia) durante o ciclo da cultura do milho doce em duas épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	30
8	Máxima velocidade diária de vento (rajada de vento em m s^{-1}) durante o ciclo da cultura do milho doce em duas épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	36
9	Estimativa do teor de nitrogênio foliar (TNF) e profundidade de raízes (PR) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	38

10	Estimativa da altura de planta (AP) e de inserção de espiga (AIE) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	39
11	Estimativa do diâmetro de colmo (DC) e número de palha por espiga (NPE) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013...	40
12	Estimativa do comprimento de espiga (CE) e diâmetro de espiga (DE) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	41
13	Estimativa do número de grãos por fileira (NGF) e número de fileiras por espiga (NFE) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	42
14	Estimativa do diâmetro de sabugo (DS) e comprimento de grão (CG) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	43
15	Estimativa do número de grãos por espiga (NGE) e acamamento de planta (ACP) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	44
16	Estimativa da produtividade de espigas (PE) e eficiência do uso da água (EUA) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013...	45

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Valores médios, com os respectivos desvios-padrão, da análise granulométrica, porosidade total (PT), densidade do solo (Ds), densidade da partícula do solo (Dp) e teores de água equivalentes a capacidade de campo (CC) e ao ponto de murcha permanente da planta (PMP), para diferentes camadas do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012.....	9
2	Resultados da análise química do solo da área experimental em diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	10
3	Precipitação efetiva, irrigação real necessária e lâmina de água total aplicada em cada tratamento e época de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	27
4	Análises de variância de teor de nitrogênio foliar (TNF), profundidade de raízes (PR), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de palha por espiga (NPE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras por espiga (NFE), diâmetro de sabugo (DS), comprimento de grão (CG), número de grãos por espiga (NGE), acamamento de planta (ACP), produtividade de espigas (PE) e eficiência do uso da água (EUA). Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	28
5	Valores médios de teor de nitrogênio foliar (TNF), profundidade de raízes (PR), número de palha por espiga (NPE), diâmetro de espiga (DE), número de grãos por fileira (NGF), comprimento de grão (CG), número de grãos por espiga (NGE) e produtividade de espigas (PE) nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	29
6	Valores médios de altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), comprimento de espiga (CE), acamamento de planta (ACP) e eficiência do uso da água (EUA) nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	31

7	Valores médios de altura de inserção de espiga (cm) em função das lâminas de irrigação, doses nitrogenadas e épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	32
8	Correlação simples para as variáveis foliar (TNF), profundidade de raízes (PR), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de palha por espiga (NPE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras por espiga (NFE), diâmetro de sabugo (DS), comprimento de grão (CG), número de grãos por espiga (NGE), acamamento de planta (ACP), produtividade de espigas (PE) e eficiência do uso da água (EUA). Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.....	33
9	Custo de produção na época de cultivo Inverno/Primavera do milho doce irrigado com diferente lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2012.....	54
10	Custo de produção na época de cultivo Verão/Outono do milho doce irrigado com diferentes lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2013..	55
11	Margem bruta (MB) da produção de milho doce cultivado nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono com diferentes lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2012 e 2013.....	56
12	Ponto de nivelamento (PN) do milho doce cultivado nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono com diferente lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2012 e 2013.....	56
13	Lucro operacional (LO) do milho doce cultivado nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono com diferentes lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2012 e 2013.....	57
14	Índice de lucratividade (IL) da produção do milho doce cultivado nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono com diferentes lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, 2012 e 2013.....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Milho doce.....	3
2.2 Irrigação.....	4
2.3 Adubação nitrogenada	6
2.4 Análise econômica.....	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Localização e características gerais da área experimental.....	9
3.2 Caracterização do solo.....	9
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	10
3.4 Instalação e condução da pesquisa	11
3.4.1 Sistema de irrigação.....	11
3.4.2 Preparo do solo e adubação de semeadura	12
3.4.3 Semeadura e híbrido	12
3.4.4 Tratos culturais e fitossanitários	13
3.4.5 Manejo da irrigação	13
3.5 Avaliações fitotécnicas da parte aérea.....	16
3.6 Avaliações realizadas na colheita	16
3.6.1 Avaliação fitotécnica da espiga	17
3.6.2 Produtividade de espiga.....	17
3.6.3 Profundidade de raízes	17
3.6.4 Acamamento de planta	18
3.6.5 Eficiência do uso da água	18
3.7 Análise estatística	19
3.8 Acúmulo térmico	19
3.9 Análise econômica.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5 CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente como um dos maiores produtores de milho comum, fato que possibilita o País ter também um grande potencial para a produção de milho doce (*Zea mays* var. *saccharata* Sturt) (FERREIRA et al., 2011). A diferença básica do milho doce para o milho comum está relacionada a uma mutação genética que bloqueia a conversão de açúcares em amido no endosperma, conferindo o caráter doce (ZUCARELI et al., 2012). Além dessa diferença, o milho doce é considerada uma hortaliça pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e apresenta ciclo de produção com duração entre 90 e 100 dias (TEIXEIRA et al., 2009). Segundo Zárate et al. (2009), este pequeno tempo de permanência no campo, permite produzir o milho doce praticamente todos os meses do ano, seja como cultura única ou como rotação de culturas, o que torna uma alternativa para pequenos e médios agricultores (ROCHA et al., 2011). Praticamente toda a sua produção é destinada para a alimentação humana, sendo consumido “in natura” ou processado em forma de conserva (ARAUJO et al., 2006; PEREIRA, 2009). O milho doce é um alimento de alto valor nutritivo que apresenta uma melhor palatabilidade que o milho comum, quando consumido in natura (MAGGIO, 2006).

Segundo Borin et al. (2010), o milho doce é bastante popular em países de clima temperado, fato não observado no Brasil. Para que esta cultura possa atingir um papel de maior destaque no cenário hortícola nacional, existe a necessidade de aperfeiçoar as técnicas de condução da cultura em condições tropicais. Dessa forma, é possível explorar o seu potencial produtivo de forma mais eficientes, assim podendo tornar mais popular entres os agricultores, com capacidade de competir com outras culturas convencionais. Neste sentido, o uso adequado da água por meio da irrigação e o manejo da adubação nitrogenada podem contribuir para melhorar a produtividade da cultura.

É fato que a irregularidade do regime pluvial torna-se restritiva ao desenvolvimento agrícola, pois mesmo dentro de estações chuvosas, observam-se períodos de déficit hídrico. Segundo Kwiatkowski e Clemente (2007) a suplementação de água pela irrigação permite ao produtor escalonar sua produção, assim, atendendo a demanda comercial. Segundo ZÁRATE et al. (2009) o Estado de Mato Grosso do Sul ainda não possui tradição no cultivo de hortaliças, mas nos últimos anos vêm aumentando a procura de espécies alternativas e sustentáveis, em especial aquelas que podem ser cultivadas em pequenas áreas. Dos estados da região centro-oeste, o

Mato Grosso do Sul é o que apresenta a menor área irrigada (PAULINO et al., 2011). Assim, os estudos que procuram identificar áreas com potencial para a irrigação podem contribuir para aumentar as áreas irrigadas no estado.

Os benefícios da irrigação são potencializados quando associados a outros manejos, como a nutrição mineral de plantas. No manejo da adubação, o nitrogênio merece destaque especial, pois conforme verificado por Okumura et al. (2011), o nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho doce, o que mais afeta no rendimento e o que possui comportamento mais instável no solo. Segundo Pavinato et al. (2008), com o uso da irrigação, os riscos de quebra na produção são minimizados e este fato induz os produtores a utilizarem fertilizantes em quantidades mais elevadas, na expectativa de aumento de produtividade. Farinelli e Lemos (2010) afirmam que o aumento das doses de fertilizantes nitrogenados, acabam reduzindo a eficiência do uso do nitrogênio, em consequência disso os danos econômicos e ambientais são aumentados. A redução destes danos podem ser obtidos com a identificação de doses que visem maximizar o efeito da adubação.

Juntamente a essas tecnologias, é importante a obtenção de indicadores de rentabilidade econômica para fornecerem subsídios para o agricultor tomar a decisão de investir em uma nova atividade. Segundo Araújo et al. (2006) o cultivo de milho doce pode ser uma alternativa agrônômica rentável e acreditam, que em pouco tempo, a cultura se tornará uma importante hortícola no Brasil.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da irrigação e da adubação nitrogenada nas características agrônômicas do milho doce em duas épocas de cultivo e a viabilidade econômica da atividade na região nordeste do Mato Grosso do Sul.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Milho doce

O milho é uma gramínea pertencente à família Poaceae, tribo de Maydeae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. e seus ancestrais mais próximos são o Teosinte e *Tripsacum* (WERLE, 2011). Segundo Vieira Jr. e Dourado Neto (2008), o milho (*Zea mays* L.) foi descoberto no continente americano e posteriormente disseminado por todo o mundo.

Após sua descoberta, o milho passou a ser cultivado em diversos países, apresentando hoje uma cadeia de cultivo com grande importância econômica mundial. No Brasil, a importância do cultivo do milho é muito abrangente, pois está presente tanto em pequenas como grandes propriedades, desempenhando funções de subsistência e abastecimento do mercado, além de possuir importante papel na nutrição humana e principalmente na animal (PAVÃO; FERREIRA FILHO, 2011).

Além do milho comum, existem também os milhos conhecidos como especiais, como é o caso do milho pipoca e o milho doce. O milho doce (*Zea mays* var. *saccharata* Sturt) pertence ao grupo *saccharata*. Este grupo se caracteriza pela presença dos pares de alelos denominados *sugary* (TRACY, 2001). A característica do sabor adocicado do milho doce é atribuída a esta mutação genética, causada por estes genes recessivos, que impedem a formação de sacarose em amido, assim evidenciando o sabor doce bem acentuado (KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007). A planta de milho doce apresenta uma altura média variando de 130 a 250 cm de altura, sendo o caule um colmo ereto, cilíndrico, fibroso, com nós e entrenós, o que é bem similar ao milho comum (SILVA, 2012).

O milho comum quando comparado ao milho doce apresentam em sua composição, respectivamente, 69% e 35% de amido 0% e 39% de proteínas solúveis em água na matéria seca, e em relação à composição do amido tem-se 25 e 33% de amilose e 75 e 67% de amilopectina, respectivamente para milho comum e milho doce (FORNASIERI FILHO, 1992).

Os levantamentos da produção de milho doce são escassos devido ao fato de serem apresentados em conjunto com milho verde, que na maioria das vezes, advêm de lavouras de milho comum (SOUZA et al., 2013). O último levantamento da FAO (2013) estima que a produção mundial de milho verde em 2011 foi de aproximadamente 9 milhões de Mg em cerca de 1 milhão de ha.

Mundialmente, o Brasil se destaca como um dos maiores produtores de milho comum, fato que permite acreditar que o País tenha um grande potencial para a produção de milho doce (FERREIRA et al., 2011).

A produção de milho doce no Brasil é destinada praticamente toda a indústria de conserva sendo pouco difundido para o consumo in natura no Brasil (BORIN et al., 2010). De acordo com Pereira Filho e Cruz (2002) é desejável que as espigas do milho doce apresente bem granadas, grandes, cilíndricas, sabugos claros e finos, grãos dentados, amarelos, saborosos, adocicados e macios, para obter uma boa aceitação no mercado tanto para o consumo “in natura” ou para a indústria de conserva.

Além destas características anteriormente apresentadas outros autores salientam ainda que as espigas devem apresentar grãos com o comprimento em torno de 11 a 12 mm (LUCHSINGER; CAMILO, 2008), número de palhas inferior a 14, pois acima disso pode comprometer o rendimento industrial (OKUMURA et al., 2013), porém não inferior a 7, pois pode favorecer o ataque de pragas (SAWAZAKI et al., 1990).

Do ponto de vista nutricional, o milho doce é mais exigente em fertilidade do solo, em relação ao milho comum (OKUMURA, 2012). Esta exigência é justificada pelo metabolismo mais intenso para sintetizar açúcares, em um ciclo mais curto (PARENTONI et al., 1990).

O milho doce é cultivado o ano todo em todas as regiões do Brasil, devido principalmente ao uso da suplementação de água pela irrigação. Isso possibilita o produtor escalonar sua produção, assim atendendo a demanda comercial (TEIXEIRA et al., 2001).

2.2 Irrigação

A deficiência hídrica limita a produção primária dos ecossistemas e o rendimento das culturas, principalmente pelas restrições que impõe à fixação fotossintética do gás carbônico e ao crescimento das plantas (CHUN et al., 2011). A água não é um composto permanente dos tecidos vegetais, mas flui pelo sistema solo-planta-atmosfera em grandes quantidades (MUDRIK, 2005). Durante o seu ciclo, as plantas estão sujeitas a sofrerem sucessivamente deficiências internas de água, em diferentes intensidades, tendo como consequência a redução do crescimento e da produção, caso o fornecimento de água por chuva ou irrigação não seja o ideal. Para

contornar esse problema, um bom planejamento e o manejo racional da irrigação são necessários.

Para Oliveira et al. (2008), o manejo da irrigação consiste em determinar o momento certo de irrigar e o tempo de funcionamento de um equipamento de irrigação com a finalidade de aplicar a quantidade de água necessária ao pleno desenvolvimento da cultura.

A determinação do consumo de água de uma cultura é fundamental no manejo da água de irrigação, podendo ser obtida a partir de medidas efetuadas no solo, na planta e nos elementos climáticos. Segundo Magalhães e Cunha (2012), os métodos baseados em medidas no solo se fundamentam na determinação do seu teor de água; os que utilizam medidas na planta consideram o monitoramento do seu potencial hídrico e avaliações da resistência estomática e da temperatura da folha, dentre outros.

Já os métodos baseados nos elementos climáticos consideram, desde simples medições da evaporação da água num tanque, como o Classe A, até complexas equações para a estimativa da evapotranspiração (ROCHA et al., 2003). A determinação da evapotranspiração tem sido mais usada por causa da sua maior praticidade e da menor exigência de mão de obra no manejo da irrigação.

Segundo Albuquerque (2002), o período de maior exigência hídrica ocorre na fase do embonecamento ou um pouco depois dele; por isso, déficits de água que ocorrem nesse período são os que provocam maiores reduções de produtividade. Este mesmo autor afirma também que déficits de água no período anterior ao embonecamento provoca redução de 30% na produtividade; 40 a 50% no embonecamento; e 10 a 20% após essa fase.

Segundo Andrade et al. (2011), o método de irrigação mais adequado para o milho é o gotejamento, pois proporciona a aplicação de água e nutrientes próximos ao sistema radicular da planta, permitindo melhor controle da umidade, como também não molha a parte aérea das plantas, reduzindo a incidência de doenças.

De acordo com Paz et al. (2002), o manejo adequado de um sistema de irrigação deverá ser capaz de propiciar ao agricultor o uso eficiente da água, para aumentar a produtividade das culturas, reduzir os custos de produção e, conseqüentemente, maximizar o retorno dos investimentos. Porém as lâminas ótimas de irrigação podem variar em função das condições edafoclimáticas da região. Diversos autores têm estudado lâminas de irrigação para cultura do milho doce e encontraram diferentes consumos ótimos: Heinemann et al. (2001) em Sete Lagoas-

MG (385 mm), Garcia et al. (2009) em Williamson no Estados Unidos da Américas (343 mm no Inverno e 260 mm na Primavera) e Brito et al. (2013) em Pombal (767,5 mm no verão).

2.3 Adubação nitrogenada

O nitrogênio é um dos nutrientes que as plantas necessitam em maior quantidade, principalmente as de milho. As plantas demandam este mineral em grande quantidade devido a importância que exercem nos processos metabólicos.

Segundo Malavolta (2006), o nitrogênio participa de vários processos vitais para desenvolvimento das plantas, desempenhando funções estruturais ou atuando como constituinte e ativador enzimático. O nitrogênio é o elemento químico mais abundante na atmosfera, representa cerca de 78% dos gases presentes na atmosfera. Em contrapartida a esta abundância, existe um déficit deste nutriente de forma prontamente disponível para a planta, que é justificada devido à alta estabilidade das moléculas de N_2 (SOUZA; FERNADES, 2006).

As formas de fornecer nitrogênio podem ser: naturais e artificiais. Entre as formas naturais ocorrem a fixação biológica de nitrogênio por meio de microrganismos e a oxidação de N_2 induzida pelas descargas elétricas atmosféricas. A forma artificial de fornecer nitrogênio é por meio da aplicação de fertilizantes nitrogenados de caráter mineral ou orgânico (MALAVOLTA, 2006). Dentre os nutrientes essenciais, o nitrogênio é um elemento que possui grande dinamismo nos ambientes.

Tendo em vista sua importância para a cultura do milho, o manejo no fornecimento de nitrogênio torna-se uma medida necessária. Porém, a realização desse processo encontra muitas dificuldades de implantação. As dificuldades existem em decorrência da dependência de condições ambientais, dos altos custos dos fertilizantes nitrogenados, seu efeito no rendimento das culturas e ao seu alto dinamismo nas reações químicas e biológicas (ZAVASCHI, 2010).

De acordo com Vasconcellos et al. (1998), a adubação nitrogenada no milho deve ser parcelada, uma parte na semeadura e o restante em cobertura. O milho consegue demonstrar seu potencial agrônomo ao nitrogênio quando submetido ao cultivo em solo a muito tempo explorado. Nestes sistemas devem fornecer maiores doses de nitrogênio. A formação da espiga é definida precocemente, quando ocorre a emissão da quarta folha, podendo se estender até a sexta folha (FANCELLI, 2000). Segundo Ernani et al. (2005), o suprimento insuficiente de nitrogênio durante o estágio

de diferenciação floral, pode reduzir a diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga, e com isso afetar negativamente a produtividade de grãos. Para evitar a insuficiência de nitrogênio na cultura do milho há a necessidade de realizar adubação nitrogenada em quantidade e no momento adequado.

Outra prática de manejo com o nitrogênio que contribui para reduzir doses, ocorre quando o solo passou por um período de pousio ou tiveram em cultivos anteriores o plantio de leguminosas. Segundo Souza e Soratto (2006) o efeito de fontes e doses nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em sucessão à soja, verificaram um aumento linear na variável número de grãos por espiga quando utilizou a maior dose (120 kg ha^{-1}). Para que este fornecimento seja realizado com sucesso a escolha da fonte de nitrogênio a ser utilizada é de fundamental importância.

Conforme Vitti et al. (2002), conhecer a fonte de nitrogênio a ser utilizada é imprescindível, pois existem diferentes respostas das culturas às fontes de N, em função da interferência exercida sobre a absorção de outros nutrientes e às alterações no pH do solo.

Em geral, para a escolha do fertilizante nitrogenado, o produtor baseia-se, geralmente, no custo da unidade de nitrogênio, na disponibilidade e na eficiência da fonte aplicada, necessitando ainda se verificar a melhor forma que propicie condições para o sucesso deste fornecimento (MEIRA, 2006).

A uréia [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] é o adubo nitrogenado mais difundido mundialmente, apresentado na forma granulada, e possui cerca de 46% de nitrogênio na forma amídica (FACRE, 2007). Características que possibilitam o menor custo por unidade de nutriente além de apresentar alta solubilidade e baixa corrosividade (MEIRA, 2006). Porém como desvantagem apresenta alto grau de perda por volatilização na forma de (NH_3) (CANTARELLA; MARCELINO, 2007). Em geral os fertilizantes nitrogenados apresentam alto custo. De acordo com Melo Filho e Richetti (2002), o custo da adubação nitrogenada corresponde a cerca de 5,3% do custo total de produção.

2.4 Análise econômica

Os indicadores de rentabilidade econômica fornecem subsídio para o agricultor tomar a decisão de investir ou não em uma nova atividade econômica. Além dessa finalidade, esses indicadores são essenciais para a manutenção do agronegócio. De posse dessas informações é possível analisar se os resultados econômicos são suficientes para cobrir todos os gastos efetuados, remunerar seu operador e gerar

lucro suficiente para posterior reinvestimento na atividade, bem como na sua adaptação a mudanças (SABBAG; NICODEMO, 2011).

Richetti (2007) salienta que o conhecimento e o acompanhamento dos custos de produção na propriedade agrícola é um dos quesitos mais importantes no processo produtivo. Ao ignorar o que está acontecendo com os custos, o produtor não saberá se está efetivando ou não os lucros e tampouco terá subsídios para tomar decisões acertadas e atingir os melhores resultados.

Os principais indicadores de rentabilidade econômica, segundo Martin et al. (1998), são margem bruta, ponto de nivelamento, lucro operacional e o índice de lucratividade. Segundo Silva et al. (2012) a margem bruta é o resultado da receita bruta obtida na exploração considerada, menos o custo variável da atividade. A margem líquida é obtida pela diferença entre a receita bruta e o custo total.

O indicador ponto de nivelamento mostra a produção mínima necessária para cobrir o custo operacional efetivo e remunerar os demais custos (FREITAS; ALMEIDA, 2009). O indicador lucro operacional constitui a diferença entre a receita bruta e o custo operacional efetivo por hectare e mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade agropecuária (MARTIN et al., 1998).

Segundo Souza et al. (2012) o índice de lucratividade indica em percentual, qual foi o lucro obtido em determinada atividade com a venda dos produtos; ou seja, o quanto cada produto deixa de resultado após ser descontado o valor dos custos para a sua elaboração.

Com o uso desses indicadores de rentabilidade econômica, alguns sistemas de produção agrícola tem-se apresentado economicamente rentável, como é o caso do milho doce (ARAUJO et al., 2006). O uso destes indicadores não se limita apenas a avaliação da viabilidade econômica dos cultivos de novas culturas, mas também pode ser utilizado como ferramenta de diagnóstico para a adesão de novos pacotes tecnológicos, como é o caso da irrigação. Mediante o uso destes indicadores Franke e Dorfman (1998) verificaram que o uso da irrigação para a cultura do milho é uma alternativa viável para o agricultor.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características gerais da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), campus de Chapadão do Sul-MS (CPCS), localizado nas coordenadas 18°46'24.38"S, 52°37'23.75"O e altitude de 820 m.

O clima é classificado como tropical úmido. A temperatura anual varia entre 13 e 28°C, a precipitação pluviométrica média anual é de 1.850 mm, com concentração de chuva no verão e seca no inverno (CUNHA et al., 2013).

3.2 Caracterização do solo

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura argilosa EMBRAPA (2013). Foram realizadas as análises físico-hídricas do solo (Tabela 1), antes da implementação do experimento, no Laboratório de Solos do CPCS/UFMS. A análise granulométrica do solo (percentagem de areia, silte e argila) foi determinada utilizando-se do método do densímetro (EMBRAPA, 1997). A densidade do solo e da partícula do solo foram obtidas seguindo recomendações da Embrapa (1997), e a porosidade total de acordo com Ferreira et al. (2010). Os teores de água equivalente à capacidade de campo e ao ponto de murcha permanente da planta foram obtidos por meio das curvas de retenção de água no solo (Figura 1) usando-se o extrator de Richards (RICHARDS, 1949).

Tabela 1. Valores médios, com os respectivos desvios-padrão, da análise granulométrica, porosidade total (PT), densidade do solo (Ds), densidade da partícula do solo (Dp) e teores de água equivalentes a capacidade de campo (CC) e ao ponto de murcha permanente da planta (PMP), para diferentes camadas do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012

Camada (cm)	Areia	Silte	Argila	PT
	%			
0-20	49,1 ± 1,1	6,9 ± 1,4	44,0 ± 1,3	53,5 ± 1,1
20-40	47,6 ± 1,1	6,6 ± 0,9	45,8 ± 1,0	54,8 ± 2,9

Camada (cm)	Ds	Dp	CC	PMP
	g cm ⁻³		dm ³ dm ⁻³	
0-20	1,22 ± 0,02	2,62 ± 0,05	0,2662	0,1878
20-40	1,20 ± 0,03	2,66 ± 0,11	0,2602	0,1895

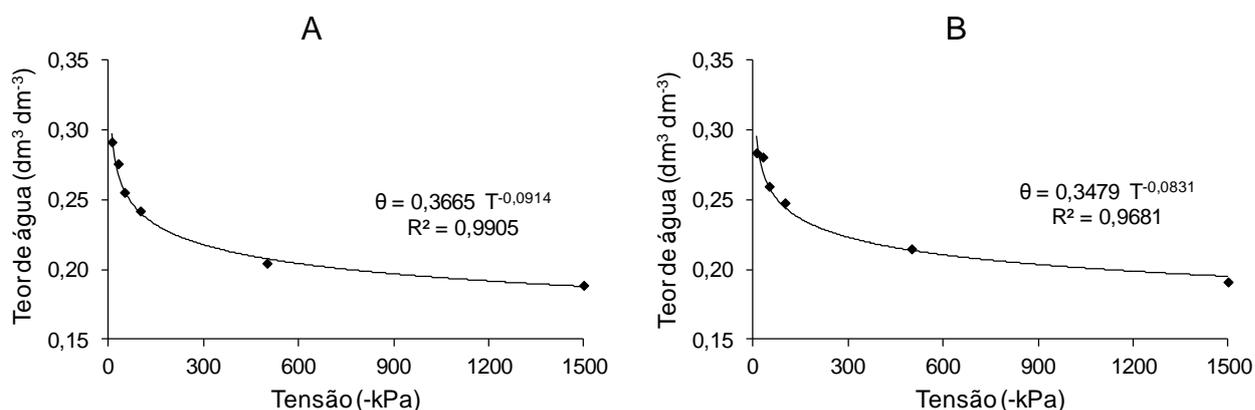


Figura 1. Curvas de retenção de água no solo para as camadas (A) 0-20 cm e (B) 20-40 cm. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012.

Os atributos químicos do solo foram determinados antes de cada cultivo e realizados no Laboratório Inside de Chapadão do Sul-MS (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados da análise química do solo da área experimental em diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013

Época	Camada (cm)	pH CaCl ₂	Ca+Mg Ca Mg Al H+Al K					K P(mel)		
			cmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³		
Inv/Pri	0-20	5,3	4,20	3,30	0,90	0,08	4,9	0,29	113	13,8
	20-40	5,1	2,40	1,90	0,50	0,24	5,0	0,12	47	4,8
Ver/Out	0-20	4,8	4,40	3,40	1,00	0,09	4,8	0,13	52	4,8
	20-40	4,6	2,90	0,60	0,60	0,15	5,1	0,10	38	2,6

Época	Camada (cm)	S B		Cu Fe Mn Zn				MO	CTC	SB
		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³				g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%
Inv/Pri	0-20	24,4	0,29	0,4	46	12,0	4,4	40,2	9,4	47,8
	20-40	24,6	0,22	0,4	40	5,9	2,2	27,0	7,5	33,5
Ver/Out	0-20	4,6	0,16	0,5	43	9,2	3,1	35,8	9,3	48,6
	20-40	11,5	0,14	0,4	40	5,0	1,2	24,9	8,1	37,0

M.O. = Matéria orgânica; SB = Saturação de Bases; CTC= Capacidade de Troca Catiônica.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas lâminas de irrigação, nas subparcelas doses de nitrogênio e nas sub-subparcelas as épocas de cultivo, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições.

As lâminas de irrigação foram para reposição de 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura (ET_c). As doses de nitrogênio em cobertura foram de 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹. As épocas de cultivo do milho doce abrangeram as épocas Inverno/Primavera (17/8/2012 a 24/11/2012) e Verão/Outono (2/3/2013 a 31/05/2013).

Sendo que na época Inverno/Primavera foram 36 dias de cultivo na estação inverno e 63 dias na estação primavera. Já na época Verão/Outono foram 18 dias na estação verão e 72 dias na estação outono.

As unidades experimentais foram constituídas de parcelas com 2,5 m de comprimento (bordadura de 0,5 m) e 4,8 m de largura (bordadura de 0,8 m), resultando em uma área total de 12 m² e útil de 4,8 m² (Figura 2).

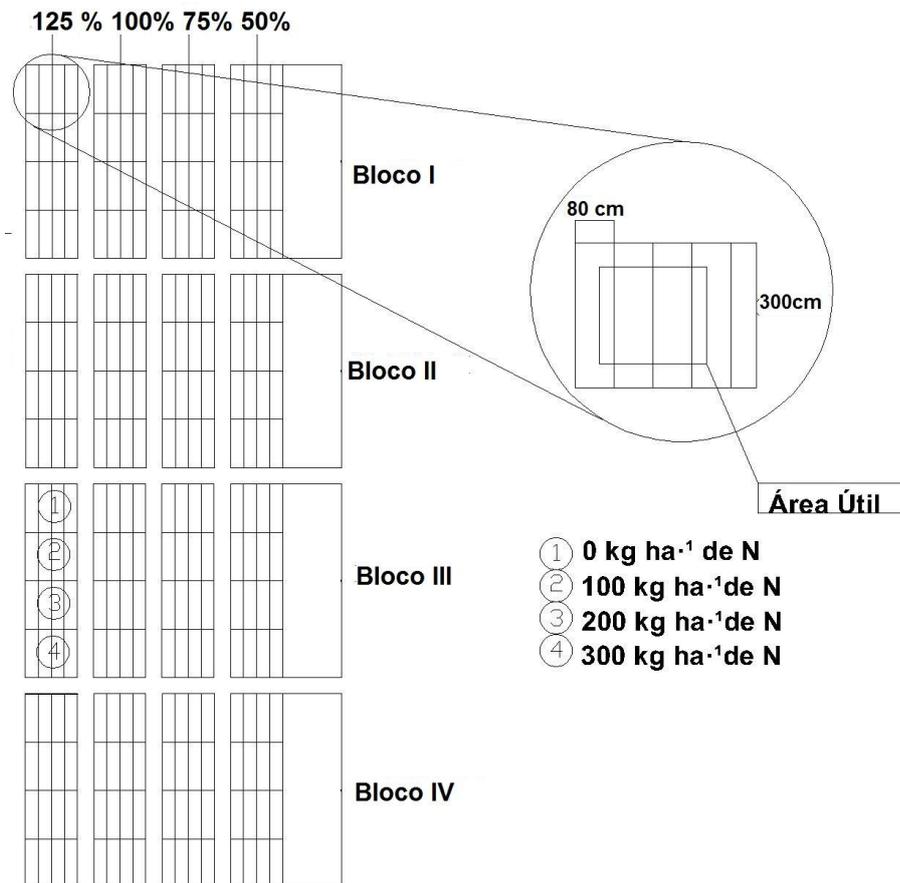


Figura 2. Croqui do experimento.

3.4 Instalação e condução da pesquisa

3.4.1 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento, por meio de fita gotejadora (mangueira gotejadora Petroisa). Os emissores (gotejadores) operaram com pressão de serviço de 98 kPa aplicando vazão aproximada de 1,1 L h⁻¹, e espaçados de 20 cm tendo uma fita para cada fileira de planta (Figura 3). O sistema de irrigação, operado mediante gravidade, foi constituído de um reservatório de 20 m de altura, uma adutora

de PVC de 50 mm de diâmetro, tubulação principal de PVC de 32 mm de diâmetro, filtro de disco e manômetro de glicerina.



Figura 3. Sistema de irrigação por gotejamento: (A) fitas gotejadoras distribuídas para cada fileira de planta; (B) linha de derivação com registro em cada saída. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012.

3.4.2 Preparo do solo e adubação de semeadura

O preparo solo para a instalação dos experimentos constituiu-se de uma aração e uma gradagem. A correção da acidez do solo foi realizada utilizando calcário dolomítico com PRNT de 85%, conforme recomendações de Sousa e Lobato (2004). A aplicação do calcário foi realizada após a operação de aração, em seguida foi realizada a gradagem para a sua incorporação.

A adubação de plantio foi realizada de acordo com recomendações de Sousa e Lobato (2004), em função dos atributos químicos do solo (Tabela 2). Foram utilizadas em ambas as épocas de cultivo, para fornecimento de nitrogênio, fósforo e potássio, as fontes uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

3.4.3 Semeadura e híbrido

As semeaduras do milho doce foram realizadas nos dias 17/8/2012 (Inverno/Primavera) e 2/3/2013 (Verão/Outono), com o espaçamento de 80 cm entre fileiras de planta, adotando uma densidade de semeadura de 75.000 sementes ha⁻¹. Foi utilizado o híbrido simples Tropical Plus[®], da empresa Syngenta, que apresenta como características: alto potencial produtivo, ciclo de 90 a 110 dias, coloração de

grão amarelo-claro, pericarpo fino e sabor adocicado e resistência às principais doenças (SYNGENTA SEEDS LTDA, 2013).

3.4.4 Tratos culturais e fitossanitários

As sementes vieram tratadas da indústria de beneficiamento com Fludioxinil e Metalaxyl-M (3,75 g i.a./100 kg sementes), Carboxin e Thiram (188 g i.a./100 kg sementes), e Captan (120 g i.a./100 kg sementes). Antes da semeadura, as sementes também foram tratadas com Fipronil (12 g i.a./100 kg sementes).

Durante a condução do experimento os tratos fitossanitários em ambas as épocas de cultivo constituíram-se de duas aplicações de inseticidas e uma de herbicida, Lambda-Cialotrin 25 g i.a./ha e Atrazina 2.500 g i.a./ha, respectivamente.

A adubação nitrogenada de cobertura foi dividida e aplicada nas fases fenológicas V3 e V8, utilizando a uréia como fonte de nitrogênio. A uréia foi aplicada ao lado da fileira de plantas, junto às fitas gotejadoras, que foram acionadas após a adubação para minimizar as perdas por volatilização. Na fase fenológica estágio V3, também foi realizada a adubação potássica de cobertura com 80 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando cloreto de potássio como fonte (SOUSA; LOBATO, 2004).

3.4.5 Manejo da irrigação

A irrigação real necessária para o tratamento de 100% da ET_c foi determinada em função de parâmetros das características do clima, planta e solo (Equação 1), representando a real necessidade de água do sistema.

$$IRN_{LOC} = \sum_{\text{dia1}}^i ET_0 K_C K_S K_L - P_E \quad (1)$$

em que:

IRN_{LOC} = irrigação real necessária em sistemas localizados (mm);

ET₀ = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

K_C = coeficiente da cultura (adimensional);

K_S = coeficiente de umidade do solo (adimensional);

K_L = coeficiente de localização (adimensional); e

P_E = precipitação efetiva no período (mm).

Os dados meteorológicos diários utilizados no cálculo da evapotranspiração de referência (ET_0) foram retirados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), da rede de estação de Chapadão do Sul, MS. A estação meteorológica de superfície automática (WAWS 301) estava equipada com os seguintes sensores VAISALA: (1) Piranógrafo CM6B; (2) Barômetro PMT16A; (3) Termógrafo QMH102; (4) Higrógrafo QMH102; (5) Pluviógrafo QMR102; e (6) Anemógrafo WAA151.

Os dados horários meteorológicos retirados dessa estação foram os seguintes: temperatura instantânea, máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$); umidade relativa instantânea, máxima e mínima (%); temperatura do ponto de orvalho instantânea, máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$); pressão instantânea, máxima e mínima (hPa); velocidade do vento (m s^{-1}), e radiação global (kJ m^{-2}). Os dados meteorológicos horários foram convertidos para dados diários. A metodologia de Penman-Monteith-FAO56 (ALLEN et al., 1998) foi utilizada para estimar a ET_0 (Equação 2).

$$ET_0 = \frac{0,408 s (R_N - G) + \gamma \frac{900}{t + 273} U_2 \frac{(e_s - e)}{10}}{s + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (2)$$

em que:

ET_0 = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});

s = declividade da curva de pressão de saturação ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$);

R_N = saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$);

G = fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$);

γ = constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$);

t = temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$);

U_2 = velocidade do vento a 2 m de altura (m s^{-1});

e_s = pressão de saturação de vapor d'água (hPa);

e = pressão atual de vapor d'água (hPa).

Os coeficientes de cultivo (K_C), adaptado de Doorenbos e Pruitt (1979), foram de 0,7 e 1,1 para os estádios I e III, respectivamente. Para o estádio II utilizou-se ponderação linear entre o final do estádio I e início do estádio III. A duração dos estádios I e II foram de 20 e 30 dias, respectivamente, e o estádio III do 50º dia até a colheita. Os coeficientes de umidade do solo (K_S) (BERNARDO et al., 2008) e de localização (K_L) (KELLER; BLIESNER, 1990) foram calculados de acordo com as Equação 3 e 4, respectivamente.

$$K_s = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)} \quad (3)$$

$$K_L = 0,1 \sqrt{P} \quad (4)$$

em que:

K_s = coeficiente de umidade do solo (adimensional);

LAA = lâmina atual de água no solo (mm);

CTA = capacidade total de água no solo (mm);

K_L = coeficiente de localização (adimensional); e

P = maior valor entre porcentagem de área molhada ou sombreada (%).

Os dados de precipitação pluvial foram retirados de um pluviômetro SR instalado na área experimental. A precipitação efetiva foi aquela utilizada diretamente pela cultura (BERNARDO et al., 2008), sendo aquela água necessária para elevar o teor de água atual no momento da precipitação pluvial até o teor de água equivalente à capacidade de campo.

O valor de IRN_{Loc} foi corrigido em função da eficiência de aplicação do sistema de irrigação, definindo a irrigação total necessária para sistemas localizados (ITN_{Loc}) (Equação 5).

$$ITN_{Loc} = \frac{IRN_{Loc}}{Ea} \quad (5)$$

em que:

ITN_{Loc} = irrigação total necessária em sistemas localizados (mm);

IRN_{Loc} = irrigação real necessária em sistemas localizados (mm); e

Ea = eficiência de aplicação da água (decimal).

A uniformidade de distribuição de água foi determinada utilizando-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), modificada por Denículi et al. (1980). Para cálculo do coeficiente de uniformidade da água, utilizou-se a metodologia expressa pelo Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) (KELLER; KARMELI, 1975).

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \quad (6)$$

em que:

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

q_{25} = média do menor quartil das vazões ($L h^{-1}$); e

q_m = média das vazões ($L h^{-1}$).

Para aferição do manejo da irrigação por evapotranspiração, a umidade atual foi acompanhada por meio do potencial matricial da água no solo feito por tensiômetros digitais instalados a 30 cm de profundidade nos tratamentos com lâmina de irrigação de 100% da ETc.

3.5 Avaliações fitotécnicas da parte aérea

Estas avaliações foram efetuadas quando as plantas encontravam-se em pleno florescimento masculino. Foram utilizadas dez plantas, escolhidas de forma aleatória dentro da área útil de cada parcela.

- Altura de planta (AP): medição, em cm, da distância do nível do solo até o ponto de inserção da lâmina foliar mais alta, mediante o uso de fita métrica (NUNES et al., 2010).
- Inserção de espiga (AIE): medição, em cm, da distância do nível do solo até a base da espiga mais elevada, com o uso de fita métrica (LUNELLI et al., 2010).
- Diâmetro de colmo (DC): considerando o diâmetro do segundo internódio, sendo mensurado por meio do uso de um paquímetro (ROSSETTI; CENTURION, 2013).
- Teor de nitrogênio foliar (TNF): Foram coletadas o terço central de dez folhas opostas e abaixo à espiga, conforme apresentado por Coelho et al. (2002). Em seguida os teores de nitrogênio foliar foram determinados de acordo com a metodologia do Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes da Embrapa (SILVA, 2009).

3.6 Avaliações realizadas na colheita

Ao atingirem a fase fenológica R3, foram realizadas a colheita das espigas. As colheitas foram realizadas nos dias 24/11/2012 e 31/5/2013 para as épocas de cultivo Inverno/Primavera e Verão/Outono, respectivamente. A colheita foi realizada nas primeiras horas da manhã, quando a umidade do ar ainda era alta e a temperatura

era menor em relação à outros momentos do dia, conforme as recomendações de Kwiatkowski e Clemente (2007).

3.6.1 Avaliação fitotécnica da espiga

Para estas avaliações, foram utilizadas dez espigas de plantas diferentes, escolhidas de forma aleatória dentro da área útil de cada parcela, seguindo a metodologia utilizada por Carmo et al. (2012).

- Número de palhas por espiga (NPE): realizada no momento do desempalhamento da espiga com a contagem no número de brácteas que envolvia a espiga.
- Comprimento de espiga (CE): determinado com auxílio de um escalímetro graduado em centímetros.
- Diâmetro de espiga (DE): medição da região central da espiga com auxílio de um paquímetro.
- Número de grãos por fileira (NGF): determinado pela média de grãos presentes em quatro fileiras de cada espiga.
- Número de fileiras por espiga (NFE): média da contagem do número de fileiras das dez espigas.
- Diâmetro de sabugo (DS): obtido pela medição por paquímetros do diâmetro de espiga, excluindo os grãos para a exposição correta do sabugo.
- Comprimento de grão (CG): subtraindo os raios do sabugo da medida dos raios das espigas.
- Número de grãos por espiga (NGE): determinado por meio da multiplicação do número de fileiras de grão pelo número de grãos por fileira.

3.6.2 Produtividade de espiga

A quantificação da produtividade foi obtida com a colheita de todas as espigas da área útil, de cada unidade experimental, que, posteriormente, foram pesadas (kg parcela⁻¹), sendo o valor obtido extrapolado para Mg ha⁻¹ (CARMO et al., 2012).

3.6.3 Profundidade de raízes

Após a colheita, em cada unidade experimental, foram abertas trincheiras longitudinais as linhas de plantas até a profundidade que não existiam raízes do milho doce. Em seguida foi mensurando, em cm, a distância da superfície do terreno até a última raiz exposta com auxílio de fita métrica (Figura 4).



Figura 4. Medição da profundidade de raízes: (A) trincheira aberta, por meio de enxadão e cavadeira articulada, expondo as raízes do milho doce; e (B) determinando a profundidade máxima de raiz por meio de fita métrica. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2013.

3.6.4 Acamamento de planta

Determinado pelo número de plantas, da área útil de cada parcela, com ângulo superior à 45° com a vertical e/ou quebradas abaixo da inserção da espiga. Esse parâmetro foi expresso em porcentagem de plantas acamadas e/ou quebradas (BRACHTVOGEL, 2010).

3.6.5 Eficiência do uso da água

A eficiência de uso da água foi determinada pela razão entre a produtividade e quantidade de água utilizada em cada cultivo do milho doce (Equação 7), seguindo recomendações de Pieterse et al. (1997).

$$EUA = \frac{P}{L} \quad (7)$$

em que:

EUA = eficiência do uso da água (kg m^{-3});

P = produtividade do milho doce (kg ha^{-1}); e

L = lâmina de água utilizada no período de produção ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$).

3.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos às análises de variância, regressão e correlação simples. A comparação de médias foi realizada usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos, foram testados modelos lineares e quadráticos. A seleção do modelo foi com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação (R^2) e no fenômeno biológico.

Foram realizadas análises de correlação simples (r) para todos os parâmetros avaliados, classificando-as de acordo com Cohen (1988): “muito baixo” ($r < 0,1$); “baixo” ($0,1 < r < 0,3$); “moderado” ($0,3 < r < 0,5$); “alto” ($0,5 < r < 0,7$); “muito alto” ($0,7 < r < 0,9$); e “quase perfeito” ($r > 0,9$).

Para execução das análises estatísticas foram utilizados os programas estatísticos “ASSISTAT 7.6” (SILVA, 2011) e “SIGMAPLOT 11.0” (SYSTAT SOFTWARE, INC., 2011).

3.8 Acúmulo térmico

O acúmulo térmico (graus dia) para cada época de cultivo, foi obtido com a Equação 8, proposta por Wagner et al. (2011). Assumiram-se como temperaturas bases inferiores e superiores os valores de 10 e 32 °C, respectivamente (MONTEITH; ELSTON, 1996).

$$AT = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_{máx} - T_{mín})}{2} - T_b \right] \quad (8)$$

em que:

AT = acúmulo térmico (graus dia);

$T_{máx}$ = temperatura máxima diária do ar (°C);

$T_{mín}$ = temperatura mínima diária do ar (°C); e

T_b = temperatura base inferior (°C).

3.9 Análise econômica

A estimativa de custos de produção foi conforme Martin et al. (1998):

- Custos operacionais efetivos (COE): constituiu da somatória dos custos com a utilização de insumos, serviço de mão de obra, operações mecanizadas, aluguel da terra, energia elétrica, equipamentos de irrigação e despesas gerais;
- Custos operacionais totais (COT): resultado da somatória do COE e dos custos com depreciação do equipamento de irrigação, encargos sociais diretos, contribuição de seguridade social (CESSR), despesas com assistência técnica, seguro de produção e custo financeiros.

Os dados de preços de insumos, serviços de mão de obra, operações mecanizadas e aluguel da terra foram estabelecidos por meio de cotações no município de Chapadão do Sul-MS.

Os custos com energia elétrica foram estimados por meio da Equação 9 (MENDONÇA, 2001). Foi considerado o preço da tarifa Bandeira Verde, Grupo B2, com irrigação noturna fora do horário de ponta em período seco (ENERSUL, 2013).

$$CEE = V_{kWh} T \left(\frac{736 \text{ Pot}}{1000 \eta} \right) \quad (9)$$

em que:

V_{kWh} = valor do kWh (R\$);

Pot = potência do conjunto motobomba (cv);

T = tempo de funcionamento do sistema (h); e

η = rendimento do conjunto motobomba (decimal).

As despesas gerais corresponderam a 1% dos custos com insumos, serviços de mão de obra, energia elétrica e operações mecanizadas.

O custo do sistema de irrigação por gotejamento para o milho doce foi realizado por meio da simulação de um projeto com área de um hectare, topografia plana e regular, utilizando água de boa qualidade para irrigação. Para isso o projeto teve os equipamentos divididos conforme o proposto por Vieira et al. (2011) em: tubulação (incluindo conexões, válvulas e tubos), estruturas (abrigo para a motobomba e cabeçal de controle), motobomba (bomba, motor elétrico e dispositivos de partida), emissores (fita gotejadores), filtro (filtro de disco) e extras (cola para PVC, lixa e fita veda-rosca).

Os preços para aquisição dos equipamentos foram consultados no comércio de Campo Grande-MS.

A depreciação do sistema de irrigação foi determinada pelo método linear, conforme apresentado por Vilas Boas et al. (2011) (Eq. 10).

$$D = \left(\frac{V_a - V_r}{V_u} \right) P \quad (10)$$

em que:

D = depreciação linear (R\$);

V_a = valor atual (R\$);

V_r = valor residual (20% do V_a);

V_u = vida útil (10 anos); e

P = período de análise (anos).

Para a obtenção dos custos com assistência técnica e seguro da produção, atribuíram 2 e 3,9%, respectivamente, do custo com insumos, serviços de mão de obra, energia elétrica, operações mecanizadas e despesas gerais. Para determinar os custos financeiros aplicou-se uma taxa de 2,08% sobre os demais custos anteriormente apresentados. Os custos com encargos sociais diretos corresponderam 33% sobre a mão de obra comum e do tratorista, contribuição de seguridade social - CESSR 2,3% sobre a receita bruta.

A receita bruta foi calculada com base na produção obtida em cada tratamento, utilizando os preços médios mensais divulgados nos boletins de preços praticados pelas Centrais de Abastecimento de Mato Grosso do Sul (CEASA-MS) no período de 2005 a 2012 (CEASA-MS, 2013). Diante disso, o valor de venda do milho doce considerando na análise foi de R\$ 728,91 Mg⁻¹ (US\$ 356,80 Mg⁻¹) para a época Inverno/Primavera e de R\$ 749,62 Mg⁻¹ (US\$ 351,70 Mg⁻¹) para a época Verão/Outono.

A análise de rentabilidade econômica foi realizada utilizando apenas os fatores lâminas de irrigação e épocas de cultivos. O fator dose de nitrogênio não foi utilizado devido a não influência na produtividade do milho doce. Portanto, foi estabelecida a dose de 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio para todos os tratamentos apenas para composição dos custos operacionais efetivos.

Os indicadores de análise de resultados de rentabilidade que foram utilizados no trabalho são os definidos por Martin et al. (1998):

- Receita bruta (RB): receita esperada para determinada produção por hectare, para um preço de venda pré-definido ou efetivamente recebido (Eq. 11).

$$RB = Pr \cdot Pu \quad (11)$$

em que:

RB = receita bruta (R\$);

Pr = produção da atividade (Mg); e

Pu = preço unitário do produto (R\$ Mg⁻¹).

- Margem bruta (MB): margem, em relação ao custo operacional, considerando-se o preço unitário de venda e a produtividade do sistema de produção (Eq. 12).

$$MB = \left(\frac{RB - COT}{COT} \right) 100 \quad (12)$$

em que:

MB = margem bruta (%);

RB = receita bruta (R\$); e

COT = custo operacional total de produção (R\$).

- Ponto de nivelamento (PN): indicador de custo, em relação à unidade de produto (Eq. 13).

$$PN = \frac{COT}{Pu} \quad (13)$$

em que:

PN = ponto de nivelamento (decimal);

COT = custo operacional (R\$); e

Pu = preço médio unitário recebido por Mg (R\$).

- Lucro operacional (LO): diferença entre a receita bruta e o custo operacional por hectare (Eq. 14).

$$LO = RB - COT \quad (14)$$

em que:

LO = lucro operacional (R\$);

COT = custo operacional total de produção (R\$); e

RB = receita bruta (R\$).

- Índice de lucratividade (IL): relação entre o lucro operacional e a receita bruta, em percentagem (Eq. 15).

$$IL = \frac{LO}{RB} 100 \quad (15)$$

em que:

IL = índice de lucratividade (%);

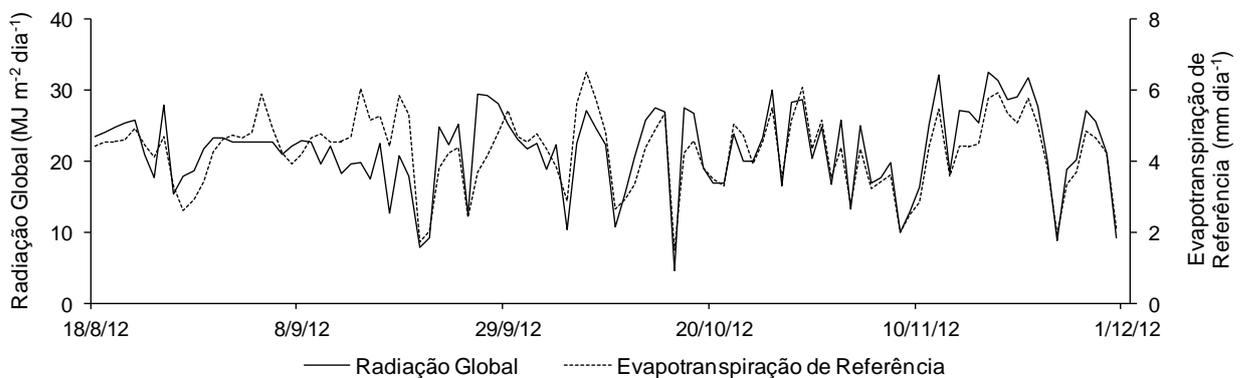
LO = lucro operacional (R\$); e

RB = receita bruta (R\$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações dos elementos meteorológicos diários nos dois períodos de cultivo do milho doce estão apresentadas nas Figuras 5 e 6. A radiação solar (Figura 5) foi maior no período Inverno/Primavera, apresentando valor médio em todo o período de $21,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, e oscilando dentro do intervalo de 4,7 e $32,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. No período Verão/Outono, o valor médio de radiação solar foi de $20,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, oscilando entre 9,5 e $38,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Esse comportamento influenciou os valores de temperatura do ar (Figura 6) e evapotranspiração de referência (ET_0) (Figura 5).

A.



B.

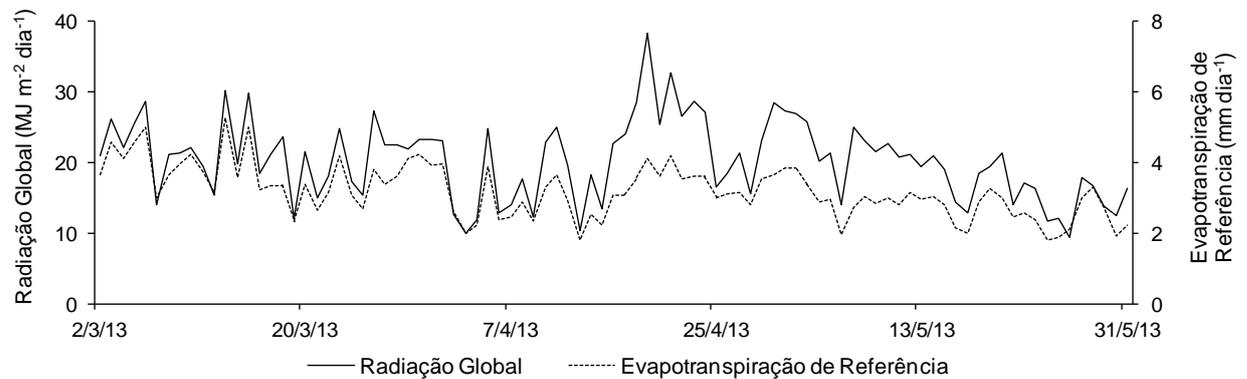
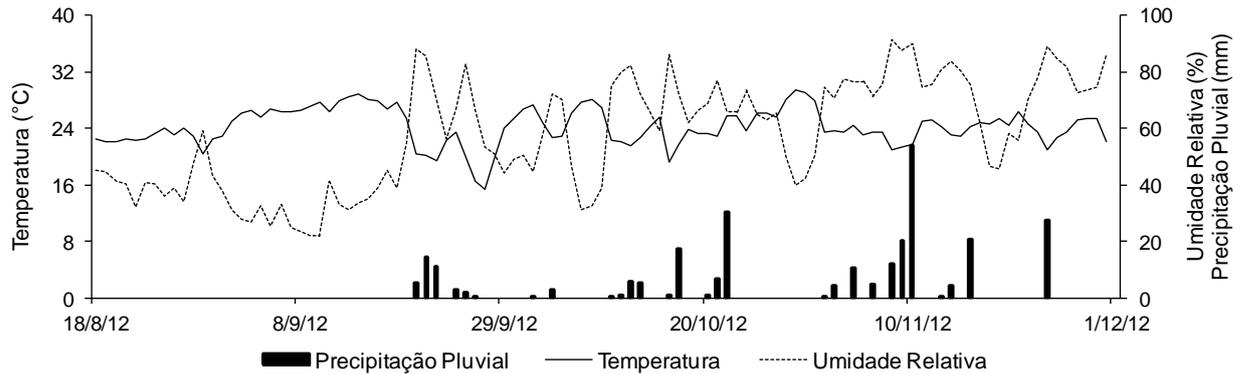


Figura 5. Variação diária da radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}), nas épocas de cultivo: (A) Inverno/Primavera e (B) Verão/Outono. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.

A.



B.

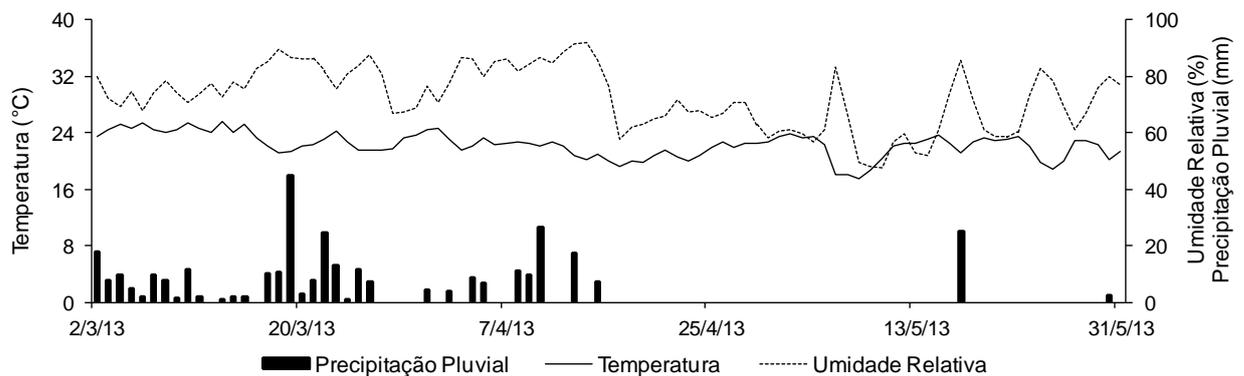


Figura 6. Variação diária da temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluvial (mm), nas épocas de cultivo: (A) Inverno/Primavera e (B) Verão/Outono. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.

A temperatura média diária do ar foi maior na primeira época de cultivo (Inverno/Primavera), alcançando um valor médio de 24,2 °C, variando dentro de uma amplitude de 15,4 a 29,5 °C. Na segunda época de cultivo (Verão/Outono), o valor médio foi de 22,3 °C, oscilando entre 17,4 e 25,6 °C.

A ET_0 também foi maior no período de cultivo que abrangeu o Inverno/Primavera, alcançando um valor médio de 4,3 mm dia⁻¹, variando dentro de uma amplitude de 1,5 a 6,5 mm dia⁻¹. No período Verão/Outono, o valor médio foi de 3,2 mm dia⁻¹, oscilando entre 1,8 e 5,3 mm dia⁻¹.

No período Inverno/Primavera, as precipitações pluviais concentraram no final do ciclo do milho doce somando uma altura de 270,3 mm, distribuídos em 23 eventos, com alturas variando de 2,6 a 54,0 mm (Figura 6). Precipitações pluviométricas inferiores a 1 mm não foram consideradas, seguindo recomendações de Costa (1994), por entender que quantidade inferior a essa não atinge o solo, ficando retida na cobertura vegetal. No período Verão/Outono, as precipitações concentraram no início

do ciclo do milho doce. A precipitação total na segunda época de cultivo foi de 342,6 mm, distribuídos em 34 eventos de chuva, com alturas variando entre 3,8 e 45,0 mm.

O comportamento das chuvas, juntamente com a temperatura do ar, afetou a umidade relativa do ar. No período Inverno/Primavera, a umidade relativa variou entre 22,0 e 91,6% e, no Verão/Outono, entre 72,5 e 92,0%.

Os valores de precipitação pluvial e de ET_0 juntamente com outros parâmetros da cultura e do sistema de irrigação foram utilizados para o cálculo da lâmina de água aplicada e na Tabela 3 são apresentados os valores de irrigação real necessária e lâmina total de água em cada tratamento nos dois períodos de cultivo. A precipitação efetiva, segundo Bernardo et al. (2008), é aquela fração da precipitação utilizada diretamente pela cultura, ou seja, é a quantidade de água que a planta utiliza em seus processos fisiológicos. A diferença entre essa e a precipitação total foi a quantidade de água que escoou superficialmente e que percolou abaixo do sistema radicular da cultura, após o solo imediatamente acima ter atingido o teor de água equivalente à capacidade de campo. Na época Verão/Outono e no tratamento de lâmina de irrigação de 100% da ET_c , por exemplo, dos 342,6 mm de água que atingiu o solo via precipitação pluvial, apenas 196,2 mm foi considerada efetiva (57,3%), ou seja, que ficou disponível no solo para a cultura. Esse baixo aproveitamento foi devido à alta frequência de irrigação. Dessa forma, o solo sempre permaneceu próximo à capacidade de campo, sendo necessária baixa quantidade de água para atingir a capacidade total de armazenamento. Obteve-se maior precipitação efetiva no milho doce cultivado na época Inverno/Primavera. Esse resultado é devido às precipitações pluviais (Figura 6) terem concentradas em períodos que a cultura apresentava maiores valores de coeficiente de cultivo (K_c) e de localização (K_L), e diante disso, maior demanda evapotranspirométrica. No cultivo realizado no Verão/Outono, as chuvas coincidiram em períodos que o milho doce apresentava baixos valores de K_c e K_L .

Tabela 3. Precipitação efetiva, irrigação real necessária e lâmina de água total aplicada em cada tratamento e época de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013

Época	Evento	Lâminas de Irrigação			
		50% ET _c	75% ET _c	100% ET _c	125% ET _c
Inverno/ Primavera	Precipitação Efetiva (mm)	258,8	220,6	185,1	185,1
	Irrigação Real Necessária (mm)	111,3	167,0	222,7	278,4
	Lâmina de Água Total (mm)	370,1	387,7	407,8	463,4
Verão/ Outono	Precipitação Efetiva (mm)	213,7	208,6	196,2	196,2
	Irrigação Real Necessária (mm)	64,5	96,8	129,1	161,3
	Lâmina de Água Total (mm)	278,3	305,4	325,3	357,6

Observou-se maior consumo de água pelo milho doce cultivado na época Inverno/Primavera. Esse resultado foi alcançado devido a dois motivos principais, maior demanda evapotranspirométrica (Figura 5) e maior ciclo da cultura nesse período. No cultivo conduzido na época Inverno/Primavera o ciclo da cultura foi de 99 dias, enquanto que no Verão/Outono de 90 dias. É oportuno ressaltar que as durações do ciclo do milho doce, nas duas épocas de cultivo, ficaram dentro do intervalo informado por sua detentora (SYNGENTA SEEDS LTDA, 2013). Brito et al. (2013) cultivando milho doce no período de dezembro a fevereiro, em Pombal-PB, observaram consumo de 767,5 mm no tratamento irrigado com reposição de 100% da ET_c. Esse maior consumo de água foi justificado pelas altas demandas evapotranspirométricas da região, com média de 6,9 mm dia⁻¹. Heinemann et al. (2001) relatam que a lâmina ótima de água para o milho doce cultivado em Sete Lagoas-MG é de 385 mm. Nos Estados Unidos da América, Garcia et al. (2009) verificaram que o milho doce consumiu 343 mm de água cultivado no Inverno e 260 mm na Primavera.

Na Tabela 4 estão apresentadas as análises de variância dos parâmetros analisados. Verificou-se efeito isolado da época de cultivo no teor de nitrogênio foliar (Tabela 4), em que a época Verão/Outono apresentou maior valor médio em relação a Inverno/Primavera (Tabela 5). A provável explicação para este comportamento pode estar relacionada às possíveis perdas de nitrogênio por volatilização, uma vez que na época Inverno/Primavera não houve precipitações no momento das adubações e as menores lâminas de irrigação não foram suficientes para inibir as perdas do nitrogênio para a atmosfera. De acordo com Pereira et al. (2013), o nitrogênio oriundo de fertilizantes minerais pode ser absorvido pela planta ou perdido pelos processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação.

Tabela 4. Análises de variância de teor de nitrogênio foliar (TNF), profundidade de raízes (PR), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de palha por espiga (NPE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras por espiga (NFE), diâmetro de sabugo (DS), comprimento de grão (CG), número de grãos por espiga (NGE), acamamento de planta (ACP), produtividade de espigas (PE) e eficiência do uso da água (EUA). Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013

FV	GL	Quadrado Médio			
		TNF	PR	AP	AIE
Bloco	3	1,56E-1 ^{ns}	4,73E+2 ^{ns}	1,17E+3 ^{**}	6,88E+2 ^{**}
LI	3	1,08E+0 ^{**}	1,18E+4 ^{**}	1,76E+2 ^{ns}	3,08E+2 ^{ns}
Resíduo (A)	9	1,49E-1	2,41E+2	1,64E+2	9,06E+1
DN	3	1,53E-1 [*]	1,92E+2 ^{ns}	4,90E+1 ^{ns}	3,36E+1 ^{ns}
LI x DN	9	3,92E-2 ^{ns}	1,60E+2 ^{ns}	7,25E+1 ^{ns}	5,34E+1 ^{ns}
Resíduo (B)	36	4,66E-2	1,65E+2	8,20E+1	4,28E+1
EC	1	1,59E+1 ^{**}	2,83E+4 ^{**}	1,31E+4 ^{**}	6,47E+3 ^{**}
LI x EC	3	1,21E-1 ^{ns}	2,84E+2 ^{ns}	8,82E+2 ^{**}	7,36E+2 ^{**}
DN x EC	3	8,18E-3 ^{ns}	9,98E+1 ^{ns}	3,06E+1 ^{ns}	1,14E+1 ^{ns}
LI x DN x EC	9	4,03E-2 ^{ns}	1,64E+2 ^{ns}	5,17E+1 ^{ns}	2,21E+1 [*]
Resíduo (C)	48	4,40E-2	2,18E+2	1,05E+2	7,81E+1
CV (%) Parcela		13,76	16,10	7,01	11,02
CV (%) Sub-parcela		7,68	13,32	4,95	7,58
CV (%) Sub-subparcela		7,47	15,29	5,62	10,23

FV	GL	Quadrado Médio			
		DC	NPE	CE	DE
Bloco	3	2,92E+1 [*]	1,47E+0 ^{ns}	2,39E+0 ^{ns}	1,39E+1 [*]
LI	3	1,31E+1 ^{ns}	5,20E+0 ^{**}	4,55E+0 ^{ns}	4,91E+0 ^{ns}
Resíduo (A)	9	4,53E+0	5,28E-1	2,90E+5	2,28E+5
DN	3	8,51E-1 ^{ns}	7,58E-2 ^{ns}	1,07E+0 ^{ns}	3,97E+0 ^{ns}
LI x DN	9	4,33E+0 ^{ns}	4,06E-1 ^{ns}	5,97E-1 ^{ns}	2,61E+0 ^{ns}
Resíduo (B)	36	2,58E+0	4,18E-1	9,58E-1	2,03E+5
EC	1	2,27E+0 ^{ns}	9,07E+5 ^{**}	2,12E+2 ^{**}	1,62E+1 ^{**}
LI x EC	3	1,77E+1 ^{**}	6,28E-1 ^{ns}	2,98E+0 [*]	9,01E1 ^{ns}
DN x EC	3	3,01E+0 ^{ns}	9,74E-2 ^{ns}	1,27E+0 ^{ns}	2,04E+0 ^{ns}
LI x DN x EC	9	2,00E+0 ^{ns}	3,42E-1 ^{ns}	8,07E-1 ^{ns}	9,48E-1 ^{ns}
Resíduo (C)	48	2,40E+0	6,13E-1	9,44E-1	1,14E+5
CV (%) Parcela		11,16	8,42	9,68	3,25
CV (%) Sub-parcela		8,43	7,49	5,56	3,07
CV (%) Sub-subparcela		8,12	9,07	5,52	2,30

LI = Lâmina de Irrigação; DN = Dose Nitrogenada; EC = Época de Cultivo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} $p > 0,05$.

(Continua...)

Continuação Tabela 4...

FV	GL	Quadrado Médio			
		NGF	NFE	DS	CG
Bloco	3	5,06E+0*	5,85E+0**	6,84E-1 ^{ns}	2,47E+0 ^{ns}
LI	3	1,31E+1 ^{ns}	5,70E-1 ^{ns}	1,18E+0 ^{ns}	4,57E-1 ^{ns}
Resíduo (A)	9	9,24E+0	5,61E-1	1,16E+0	7,49E-1
DN	3	1,19E+1 ^{ns}	1,54E+0 ^{ns}	2,21E+0 ^{ns}	1,66E-1 ^{ns}
LI x DN	9	1,42E+1 ^{ns}	1,01E+0 ^{ns}	7,69E-1 ^{ns}	5,41E-1 ^{ns}
Resíduo (B)	36	9,49E+0	6,14E-1	1,23E+0	4,44E-1
EC	1	1,67E+2**	4,58E-2 ^{ns}	1,27E+0 ^{ns}	6,64E+0**
LI x EC	3	1,53E+1 ^{ns}	3,06E-1 ^{ns}	3,03E+0 ^{ns}	5,38E-1 ^{ns}
DN x EC	3	2,44E+0 ^{ns}	3,64E-1 ^{ns}	2,40E-1 ^{ns}	4,62E-1 ^{ns}
LI x DN x EC	9	4,08E+0 ^{ns}	1,08E+0 ^{ns}	2,60E+0 ^{ns}	3,44E-1 ^{ns}
Resíduo (C)	48	8,39E+0	6,20E-1	1,78E+0	4,64E-1
CV (%) Parcela		10,18	5,01	4,13	8,51
CV (%) Sub-parcela		10,31	5,24	4,26	6,55
CV (%) Sub-subparcela		9,70	5,27	5,12	6,69

FV	GL	Quadrado Médio			
		NGE	ACP	PE	EUA
Bloco	3	3,01E+4**	1,12E+1 ^{ns}	6,66E+1*	5,95E+0 ^{ns}
LI	3	4,42E+3 ^{ns}	1,72E+2 ^{ns}	1,34E+2**	1,91E+1**
Resíduo (A)	9	4,06E+3	6,47E+1	1,52E+1	1,69E+0
DN	3	4,75E+3 ^{ns}	3,28E+1 ^{ns}	2,35E+1 ^{ns}	2,08E+0*
LI x DN	9	5,83E+3 ^{ns}	1,42E+1 ^{ns}	7,99E+0 ^{ns}	4,68E-1 ^{ns}
Resíduo (B)	36	3,38E+3	2,08E+1	1,06E+1	7,11E-1
EC	1	3,47E+4**	3,19E+3**	9,70E+1**	7,87E+1**
LI x EC	3	5,38E+3 ^{ns}	1,72E+2**	3,24E+0 ^{ns}	1,01E+1**
DN x EC	3	1,14E+3 ^{ns}	3,28E+1 ^{ns}	1,65E+1 ^{ns}	1,10E+0 ^{ns}
LI x DN x EC	9	2,04E+3 ^{ns}	1,42E+1 ^{ns}	4,53E+0 ^{ns}	5,66E-1 ^{ns}
Resíduo (C)	48	2,82E+3	2,85E+1	9,45E+0	8,83E-1
CV (%) Parcela		14,24	161,08	23,32	26,72
CV (%) Sub-parcela		12,98	91,46	19,45	17,31
CV (%) Sub-subparcela		11,87	106,86	18,38	19,28

LI = Lâmina de Irrigação; DN = Dose Nitrogenada; EC = Época de Cultivo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} $p > 0,05$.

Tabela 5. Valores médios de teor de nitrogênio foliar (TNF), profundidade de raízes (PR), número de palha por espiga (NPE), diâmetro de espiga (DE), número de grãos por fileira (NGF), comprimento de grão (CG), número de grãos por espiga (NGE) e produtividade de espigas (PE) nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013

Época	TNF (%)	PR (cm)	NPE (n)	DE (mm)	NGF (n)	CG (mm)	NGE (n)	PE (Mg ha ⁻¹)
Inv/Pri	2,46 b	111,34 a	8,38 b	46,02 b	31,01 a	9,95 b	464,02 a	15,85 b
Ver/Out	3,16 a	81,63 b	8,90 a	46,73 a	28,73 b	10,40 a	431,08 b	17,59 a
Dms	0,07	5,25	0,28	0,38	1,03	0,24	18,90	1,09

dms = diferença mínima significativa; Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Verificou-se efeito isolado das épocas de cultivo na profundidade de raiz do milho doce (Tabela 4), em que o valor médio na época Inverno/Primavera foi superior ao cultivado na época Verão/Outono (Tabela 5). Esta diferença pode estar associada ao acúmulo de temperatura durante o período de cultivo. Segundo Kage et al. (2000), o crescimento do sistema radicular possui uma fase estacionária inicial, apresentando em seguida um crescimento linear com a soma das temperaturas. Durante os períodos de cultivos os acúmulos térmicos foram de 1.332,6 e 1.118,2 graus dia, para as épocas de cultivo Inverno/Primavera e Verão/Outono, respectivamente (Figura 7). As taxas de penetração das raízes foram de 1,20 e 1,37 mm graus⁻¹ dia⁻¹ para Inverno/Primavera e Verão/Outono, respectivamente. Estas taxas apresentam valores próximos aos apresentados por Thorup-Kristensen (2001), o qual indica 1,20 mm graus⁻¹ dia⁻¹ para os cereais em geral. Outra possível justificativa seria o milho doce cultivado no Inverno/Primavera ter aprofundado seu sistema radicular no início do seu ciclo, em busca de água nos tratamentos de menores lâminas de irrigação. Na época Verão/Outono, isso não foi necessário, uma vez que as precipitações pluviais se concentraram no início do ciclo do milho doce (Figura 6).

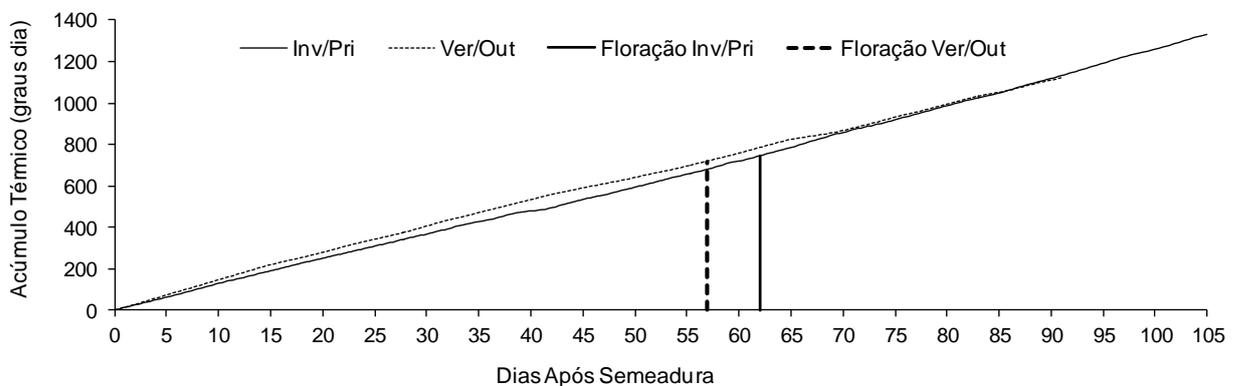


Figura 7. Acúmulo térmico diário (graus dia) durante o ciclo da cultura do milho doce em duas épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.

Para altura de planta, observou-se interação entre lâminas de irrigação e épocas de cultivo (Tabela 4). Observa-se na Tabela 6, que independente da lâmina de irrigação, a época Verão/Outono proporcionou maiores valores de altura de planta, possivelmente devido a menor radiação solar observada nessa época de cultivo (Figura 5). Kunz et al. (2007) comentam que a radiação solar é fundamental para o desenvolvimento e o crescimento vegetal, entretanto Sangoi et al. (2002) alertam que a radiação solar em alta intensidade ou quantidade pode oxidar e inativar parte das auxinas produzidas pelo meristema apical. Deste modo, devido à época

Inverno/Primavera apresentar maior acúmulo de radiação solar ($2.271,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) em relação a época Verão/Outono ($1.848,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), acarretou maior degradação e inativação dessas auxinas, hormônio responsável pela regulação dos mecanismos de crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2013). Farinelli et al. (2003) avaliando 15 cultivares de milho comum em duas épocas em Jaboticabal-SP, verificaram que o milho colhido no Verão apresentou, em média, valor 36,4% superior ao colhido no Inverno.

Tabela 6. Valores médios de altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC), comprimento de espiga (CE), acamamento de planta (ACP) e eficiência do uso da água (EUA) nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013

Parâmetro	Época	Dms	Lâminas de Irrigação			
			50% ETc	75% ETc	100% ETc	125% ETc
AP (cm)	Inv/Pri	7,30	165,48 b	173,66 b	175,24 b	176,50 b
	Ver/Out		198,07 a	198,92 a	187,06 a	187,67 a
DC (mm)	Inv/Pri	1,10	19,20 a	18,86 b	20,31 a	18,44 a
	Ver/Out		18,45 a	20,62 a	18,52 b	18,15 a
CE (cm)	Inv/Pri	0,69	19,10 a	18,39 a	19,74 a	18,30 a
	Ver/Out		16,27 b	16,38 b	16,43 b	16,16 b
ACP (%)	Inv/Pri	3,79	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,00 b
	Ver/Out		6,87 a	9,50 a	6,88 a	16,69 a
EUA (kg m^{-3})	Inv/Pri	0,67	4,56 b	3,76 b	4,30 b	3,73 a
	Ver/Out		7,04 a	6,34 a	5,10 a	4,15 a

dms = diferença mínima significativa; Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para a altura de inserção de espiga, verificou-se interação entre todos os fatores estudados (Tabela 4). Independente das doses nitrogenadas e para as lâminas de irrigação de 50 e 75% da ETc, verificou-se maiores alturas de inserção de espiga no milho doce cultivado na época Verão/Outono, e nos demais tratamentos não houve diferença (Tabela 7). Possivelmente esse resultado foi devido ao estresse hídrico sofrido no início do ciclo da cultura nos tratamentos cultivados na época Inverno/Primavera e com menores lâminas de irrigação. Nessa época de cultivo houve poucas precipitações pluviais no início do ciclo do milho doce (Figura 6), ficando somente a irrigação responsável pelo fornecimento da água à cultura. Esse parâmetro sofre maior influência do porte da variedade da cultura, como pode ser observado pela correlação positiva “quase perfeita” encontrada entre os parâmetros altura de planta x altura de inserção da espiga (Tabela 8). Alguns trabalhos na literatura corroboram com esse resultado. Mata et al. (2010) avaliando altura de inserção de espiga de milho de porte baixo em Gurupi-TO encontraram maior valor de 73,4 cm. Meira et al. (2009)

encontraram valor médio de 120 cm em milho de porte médio em Selvíria-MS. Pereira Jr. et al. (2012) em Sousa-PB, encontraram valores variando entre 178 e 208 cm para milho de porte alto.

Tabela 7. Valores médios de altura de inserção de espiga (cm) em função das lâminas de irrigação, doses nitrogenadas e épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013

Lâminas de Irrigação (% ETc)	Doses Nitrogenadas (kg ha ⁻¹)	Época	
		Inverno/Primavera	Verão/Outono
50	0	78,55 b	104,03 a
	100	74,78 b	100,18 a
	200	75,70 b	98,73 a
	300	80,20 b	100,45 a
75	0	79,45 b	99,50 a
	100	80,10 b	101,00 a
	200	76,33 b	99,98 a
	300	76,20 b	97,05 a
100	0	75,35 a	86,53 a
	100	78,90 a	82,53 a
	200	80,72 a	89,65 a
	300	80,70 a	85,75 a
125	0	84,68 a	91,98 a
	100	81,90 a	87,30 a
	200	81,18 a	79,78 a
	300	83,65 a	91,55 a

Diferença mínima significativa = 12,57; Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 8. Correlação simples para as variáveis foliar (TNF), profundidade de raízes (PR), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), número de palha por espiga (NPE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de grãos por fileira (NGF), número de fileiras por espiga (NFE), diâmetro de sabugo (DS), comprimento de grão (CG), número de grãos por espiga (NGE), acamamento de planta (ACP), produtividade de espigas (PE) e eficiência do uso da água (EUA). Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013

	PR	AP	AIE	DC	NPE	CE	DE	NGF	NFE	DS	CG	NGE	ACP	PE	EUA
TNF	-0,19*	0,56**	0,57**	0,06 ^{ns}	0,46**	-0,56**	0,28**	-0,21*	0,08 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,29**	-0,12 ^{ns}	0,46**	0,35**	0,60**
PR		-0,39**	-0,23**	0,12 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,48**	0,10 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,19*	0,16 ^{ns}	-0,48**	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}
AP			0,92**	0,19*	0,35**	-0,45**	0,34**	-0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,37**	-0,06 ^{ns}	0,41**	0,40**	0,63**
AIE				0,39**	-0,41**	0,33**	-0,13 ^{ns}	0,19*	-0,18 ^{ns}	0,33**	-0,02 ^{ns}	0,38**	0,40**	0,64**	0,39**
DC					0,12 ^{ns}	0,28**	0,43**	0,39**	0,37**	0,25**	0,21*	0,45**	-0,27**	0,30**	0,24**
NPE						-0,25**	0,38**	0,02 ^{ns}	0,32**	-0,03 ^{ns}	0,40**	0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,34**	0,39**
CE							0,10 ^{ns}	0,58**	0,12 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,50**	-0,50**	-0,13 ^{ns}	-0,28**
DE								0,44**	0,61**	0,39**	0,65**	0,59**	0,14 ^{ns}	0,34**	0,38**
NGF									0,34**	0,23**	0,25**	0,92**	-0,22*	0,09 ^{ns}	0,01 ^{ns}
NFE										0,26**	0,38**	0,68**	0,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,18*
DS											-0,44**	0,29**	-0,06 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}
CG												-0,44**	0,29**	-0,06 ^{ns}	0,08 ^{ns}
NGE													-0,16 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,09 ^{ns}
ACP														-0,03 ^{ns}	0,13 ^{ns}
PE															0,72**

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{ns} $p > 0,05$. Classificação da correlação (r) de Cohen (1988): “muito baixo” ($r < 0,1$); “baixo” ($0,1 < r < 0,3$); “moderado” ($0,3 < r < 0,5$); “alto” ($0,5 < r < 0,7$); “muito alto” ($0,7 < r < 0,9$); e “quase perfeito” ($r > 0,9$).

Houve interação entre os fatores épocas de cultivo e lâminas de irrigação na análise do diâmetro de colmo do milho doce (Tabela 4). Verifica-se na Tabela 6 que as épocas de cultivo não proporcionaram diferenças significativas no diâmetro de colmo do milho doce irrigado com lâminas 50 e 125% da ETc. No tratamento com lâminas de irrigação de 75% da ETc observou-se maiores diâmetros de colmo do milho doce na época Verão/Outono e, na lâmina de 100% da ETc, verificou-se efeito contrário. O aumento do diâmetro de colmo representa um fator importante do ponto de vista fisiológico. Segundo Fancelli e Dourado Netto (2004), além de possuir função de suporte de folhas e inflorescências, o colmo apresenta atuação direta no armazenamento de sólidos solúveis que são utilizados posteriormente na formação dos grãos de milho.

O número de palha por espiga foi uma característica que sofreu variação isolada das épocas de cultivo (Tabela 4). A época de cultivo Verão/Outono proporcionou maior número de palha por espiga do milho doce (Tabela 5). Do ponto de vista da qualidade de espiga, o empalhamento é uma característica que pode afetar tanto a qualidade dos grãos quanto o rendimento industrial. Segundo Albuquerque et al. (2008), em espigas bem empalhadas, verifica-se menor susceptibilidade ao ataque de pragas, além de auxiliar na conservação das mesmas. Okumura et al. (2013) relatam que número de palha acima de 14 prejudica o rendimento industrial da espiga do milho doce, entretanto, segundo Sawazaki et al. (1990), número de palha inferior a 7 favorece o ataque de pragas. Diante disso, apesar das épocas proporcionarem diferença nessa característica, ambas ficaram dentro do intervalo supracitado.

O comprimento de espiga apresentou interação entre lâminas de irrigação e épocas de cultivo na análise de variância (Tabela 4). O milho doce cultivado na época Inverno/Primavera apresentou maior comprimento de espiga em relação ao cultivado na época Verão/Outono, independente da lâmina de irrigação aplicada (Tabela 6). A diferença do comprimento de espiga pode estar relacionada a variação de temperatura do ar ocorrida nas épocas de cultivo. Segundo Andrade et al. (1993), a ocorrência de temperaturas elevadas, principalmente durante as fases de florescimento e início de enchimento de grãos, acelera as taxas de desenvolvimento das estruturas reprodutivas da planta. Durante estas fases, as temperaturas médias diárias do ar no Inverno/Primavera foram mais elevadas em relação à outra época de cultivo (Figura 6). Os valores de comprimento de espiga em todos os tratamentos variaram dentro do intervalo de 16,16 e 19,74 cm, ficando dentro dos padrões aceitáveis. De acordo com Paiva Jr. et al. (2001), espigas de milho doce com

comprimento superior a 15 cm é uma característica indispensável para sua comercialização.

Na análise do diâmetro de espiga do milho doce, verificou-se efeito isolado das épocas de cultivo (Tabela 4). O milho doce cultivado na época Verão/Outono apresentou maiores valores de diâmetro de espiga (Tabela 5). Um fator que contribuiu para esse resultado foi o maior número de palha por espiga na mesma época de cultivo, como observado pela correlação positiva entre esses parâmetros (Tabela 8).

As épocas de cultivo do milho doce proporcionaram efeito no número de grãos por fileira (Tabela 4). Verificou-se maior número de grãos por fileira na época de cultivo Inverno/Primavera (Tabela 5). Esse resultado possivelmente pode ser creditado nos maiores valores médios diários de temperatura do ar e radiação global verificados nessa mesma época de cultivo (Figura 5 e 6). Segundo Didonet et al. (2002) esses elementos meteorológicos tem efeito positivo no número de grão. Esse parâmetro apresentou “alta” correlação positiva com o comprimento de espiga (Tabela 8), o que já era esperado, pois quanto maior é o comprimento de espiga, maior será o número de grãos por fileira.

Os parâmetros número de fileiras por espiga e diâmetro de sabugo do milho doce não foram afetados por nenhum fator na análise de variância (Tabela 4). Esperava-se maior número de fileiras por espiga no Verão/Outono, como observado para o diâmetro de espiga, haja visto a “alta” correlação positiva entre esses parâmetros (Tabela 8). Isso não confirmou principalmente pela baixa diferença do diâmetro de espiga (1,5%) entre os dois cultivos.

As épocas de cultivo apresentaram efeito isolado sobre o comprimento de grão (Tabela 4). Os grãos do milho cultivando na época Verão/Outono apresentaram maior comprimento (Tabela 5). O comprimento de grão apresentou “alta” correlação positiva com o diâmetro de espiga e “moderada” correlação negativa com o diâmetro de sabugo (Tabela 8), ou seja, o aumento do comprimento de grão ocorre com a redução do diâmetro de sabugo e aumento do diâmetro de espiga.

O número de grãos por espiga do milho doce sofreu efeito isolado das épocas de cultivo (Tabela 4), em que observou maiores valores na época Inverno/Primavera (Tabela 5). Este efeito pode ser explicado pela ação da radiação global e da temperatura do ar (Figura 5 e 6), anteriormente reportado por Didonet et al. (2002). Esse parâmetro apresentou maior correlação positiva com o número de grãos por fileira (0,92 - “quase perfeita”), seguido de número de fileiras por espiga (0,68 - “alto”), diâmetro de espiga (0,59 - “alto”) e comprimento de espiga (0,50 - “moderado”).

Verificou-se interação entre as épocas de cultivo e lâminas de irrigação na porcentagem de plantas acamadas (Tabelas 4). Na época Inverno/Primavera não foi verificado acamamento de plantas (Tabela 5). O acamamento observado na época Verão/Outono pode ser explicado pela maior altura de planta e de inserção de espiga, como verificado na correlação positiva entre esses parâmetros (Tabela 8). Segundo Casagrande e Fornasieri Filho (2002), maiores estaturas de plantas e alturas de inserção das espigas podem predispor a planta ao acamamento. Quanto maior é a altura de inserção da espiga, maior é a distância entre a espiga e o ponto de fixação da planta (solo), e diante disso, maior será o “torque”. A velocidade do vento também afeta o acamamento de planta, entretanto, no presente trabalho esse elemento climático não foi decisivo, uma vez que as máximas velocidades diárias de vento aconteceram na época Inverno/Primavera (Figura 8).

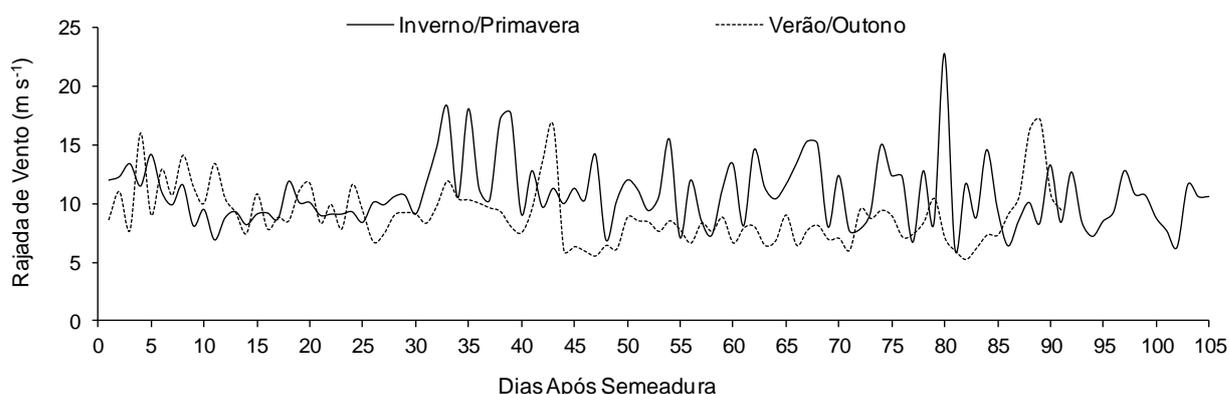


Figura 8. Máxima velocidade diária de vento (rajada de vento em $m s^{-1}$) durante o ciclo da cultura do milho doce em duas épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.

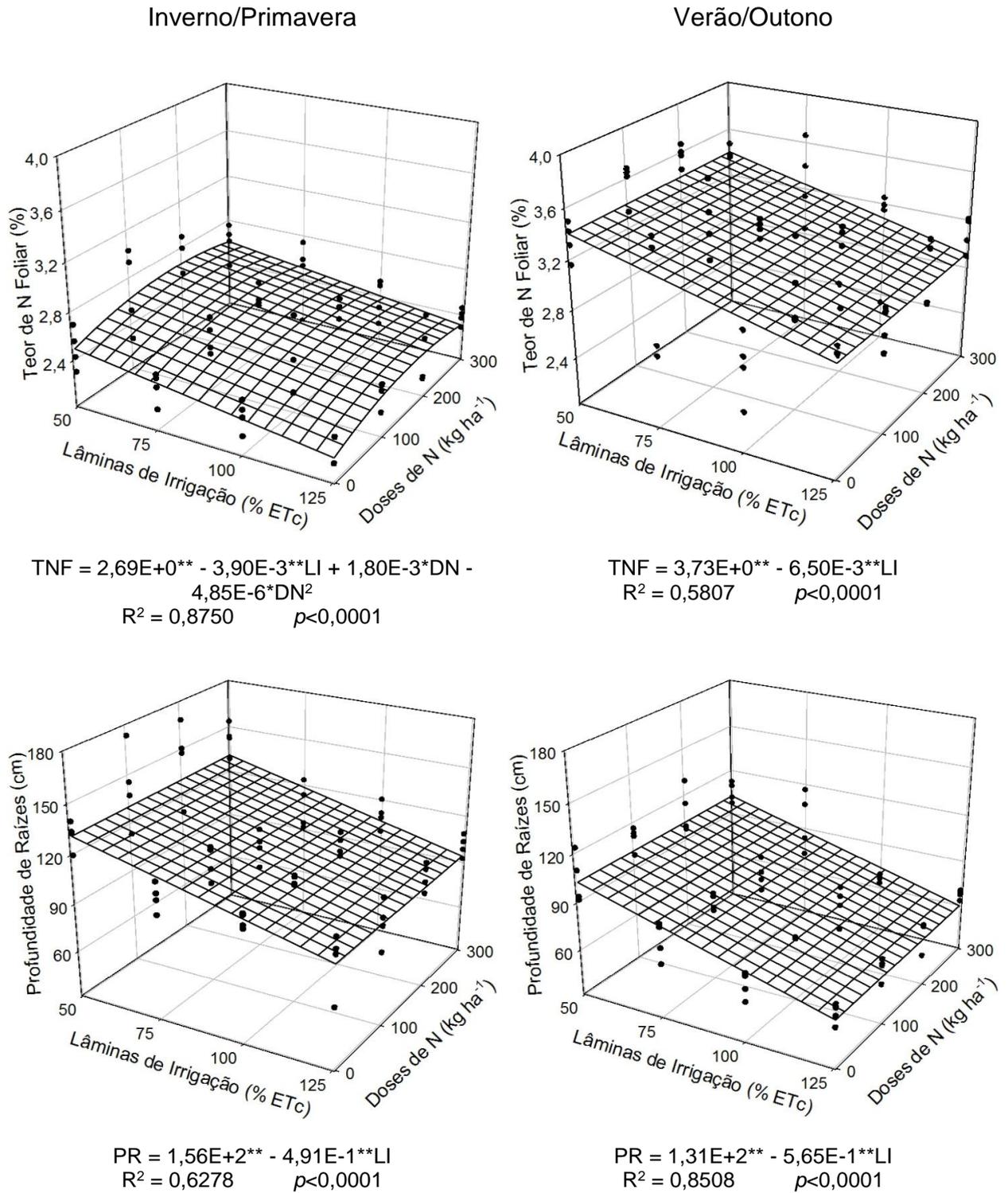
A produtividade de espiga de milho doce sofreu efeito isolado das épocas de cultivo na análise de variância (Tabela 4). O milho doce cultivado na época Verão/Outono apresentou maior produtividade (Tabela 6). Esse resultado corrobora com Farinelli et al. (2003) avaliando 15 cultivares de milho comum em duas épocas em Jaboticabal-SP. Esses autores verificaram que o milho colhido no Verão apresentou, em média, valor 11,8% superior ao colhido no Inverno. A produtividade de milho doce produzido nas duas épocas de cultivo estão dentro do intervalo observado por Carmo et al. (2012). Esses autores avaliaram o milho doce em Palmeiras do Goiás-GO e encontraram produtividades variando entre 13,7 e 19,5 Mg

ha⁻¹. Pereira Jr. et al. (2012) utilizando adubação orgânica em milho verde, cultivado no Verão de Sousa-PB, encontraram produtividade de espiga de 20,9 Mg ha⁻¹.

Verificou-se na análise de variância, interação entre épocas de cultivo e lâminas de irrigação na eficiência do uso da água (EUA) pelo milho doce (Tabela 4). Na lâmina de irrigação de 125% da ETc, não foi verificada diferença; e nas demais lâminas, verificou-se maiores valores de EUA na época Verão/Outono (Tabela 6). Esse resultado foi devido a dois motivos ocorridos nessa mesma época de cultivo: (a) menores lâminas totais de água recebida (Tabela 3); e (b) maiores produtividades de espiga de milho doce (Tabela 5). A EUA apresentou correlação positiva “muito alta” com a produtividade de espiga (Tabela 8), o que confirma o motivo “b” supracitado.

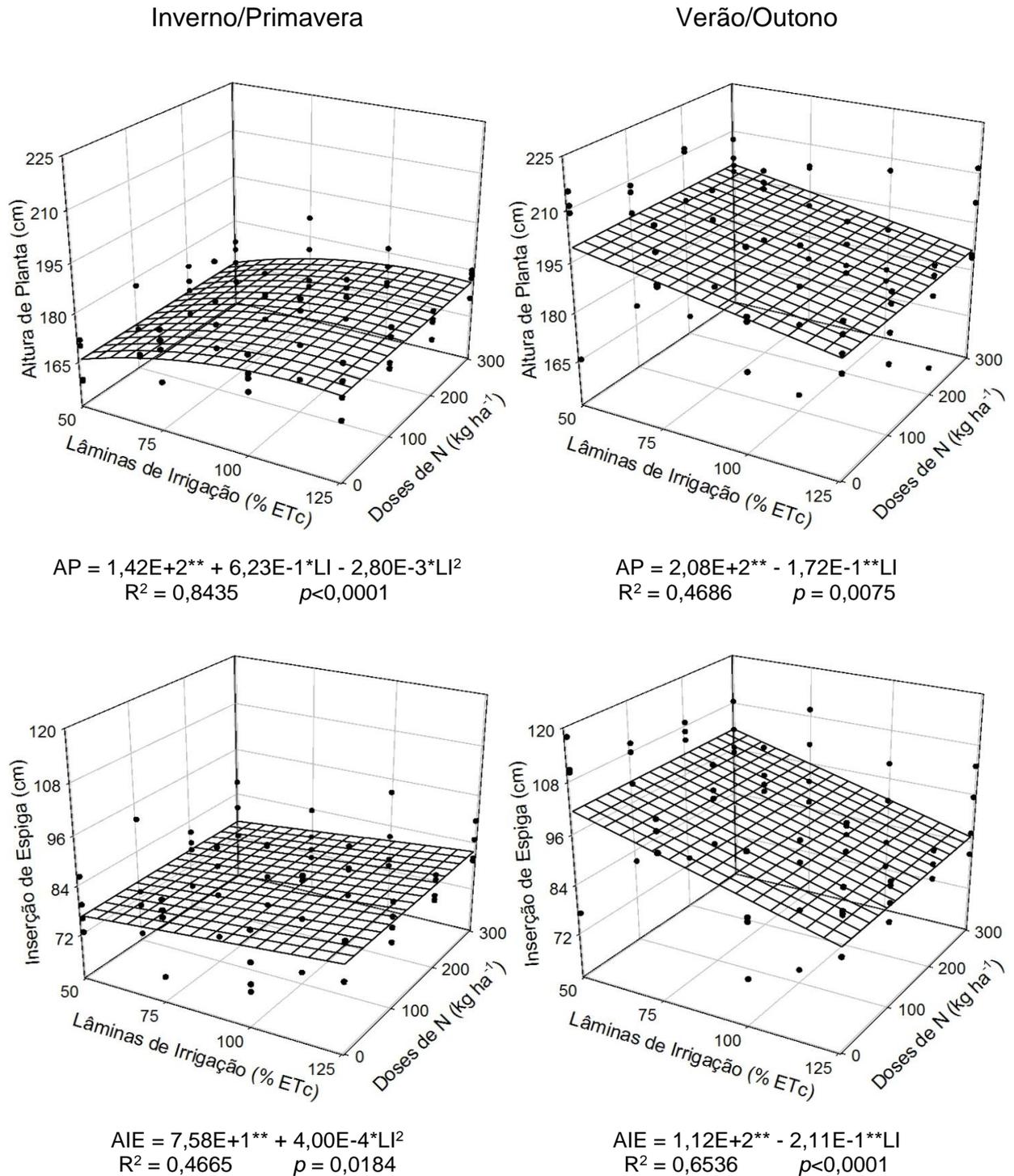
Os valores de EUA variaram entre 3,73 e 7,04 kg m⁻³ (Tabela 6). Analisando o valor médio, que foi de 4,87 kg m⁻³, pode-se afirmar que para produção de 1 kg de espiga de milho doce, são necessários 205 litros de água.

Nas Figuras 9 a 16 estão apresentadas as estimativas dos parâmetros avaliados do milho doce em função das lâminas de irrigação e doses nitrogenadas. Independente da época de cultivo do milho doce, as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo no teor de nitrogênio foliar (Figura 9), ou seja, o aumento da lâmina de irrigação proporcionou redução linear nessa variável. Esse resultado era esperado, pois segundo Wetselaar e Farquhar (1980), o aumento da disponibilidade da água influencia a condutância dos estômatos, interferindo nas perdas de N pelas folhas. Franco et al. (2008) avaliando o teor de nitrogênio foliar na fase pós-antese da *Urochloa decumbens* em dois níveis de água no solo (20 e 60% da capacidade máxima de retenção de água no solo), verificaram que houve um aumento de 10,3% no tratamento de menor nível de água.



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Figura 9. Estimativa do teor de nitrogênio foliar (TNF) e profundidade de raízes (PR) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Figura 10. Estimativa da altura de planta (AP) e de inserção de espiga (AIE) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.

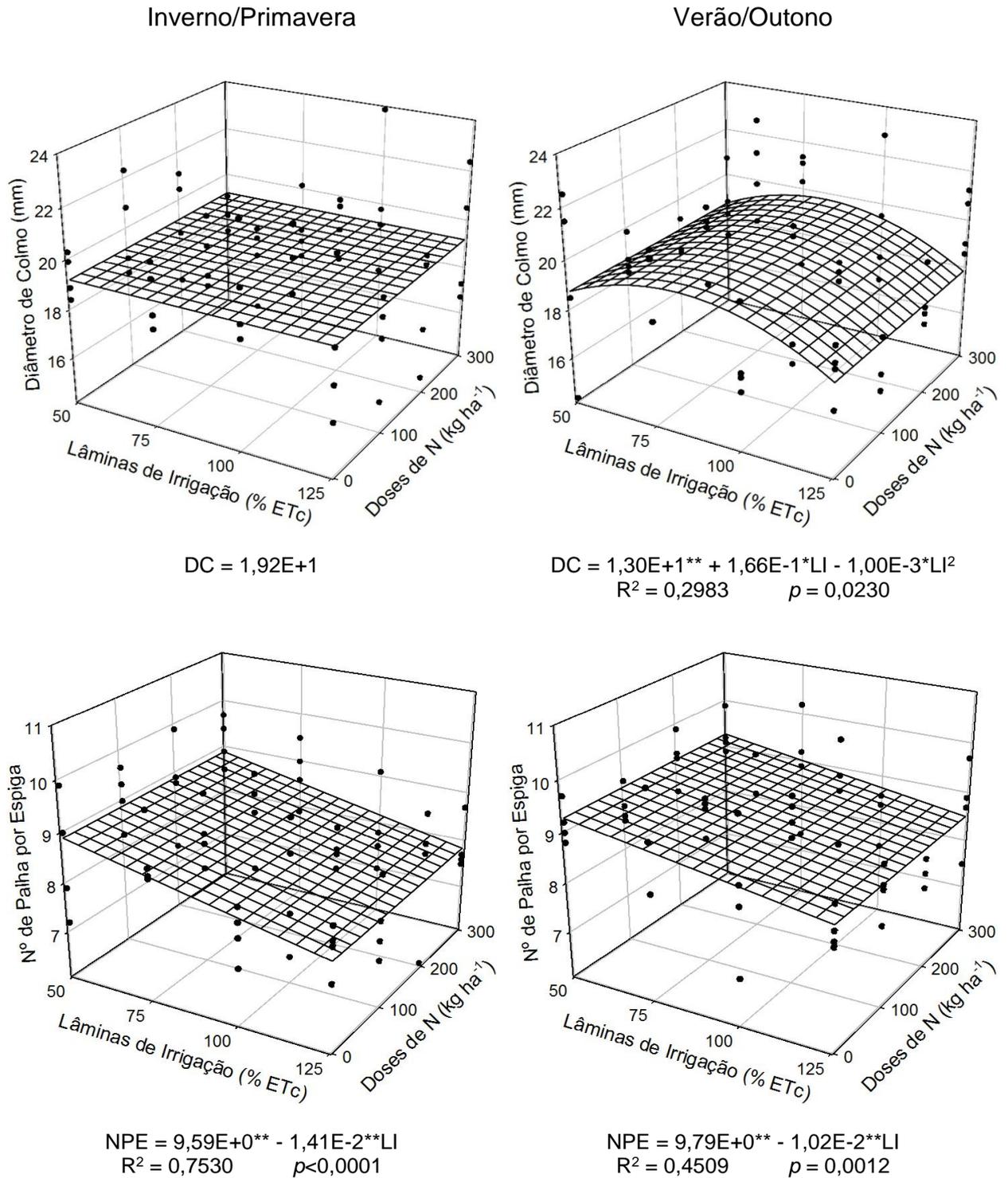
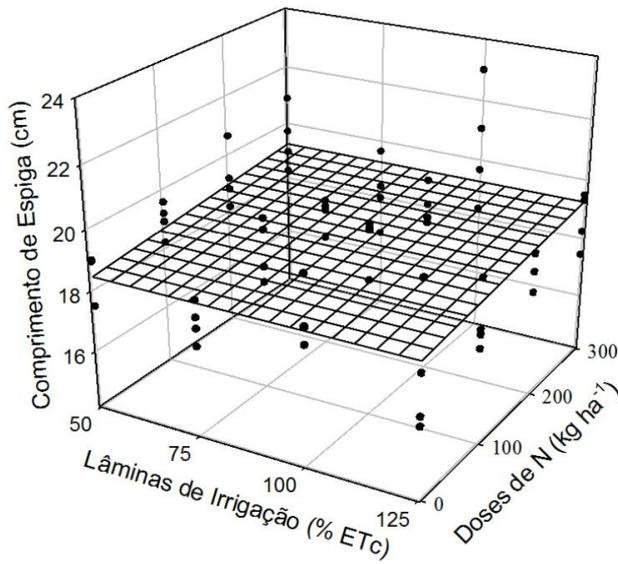


Figura 11. Estimativa do diâmetro de colmo (DC) e número de palha por espiga (NPE) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.

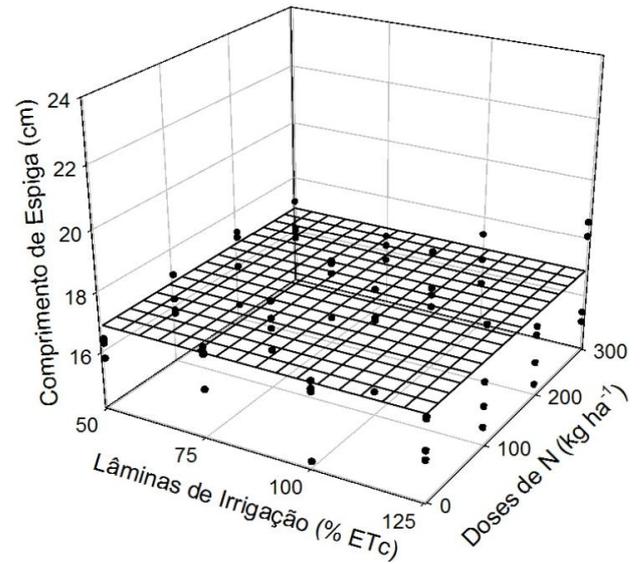
Inverno/Primavera



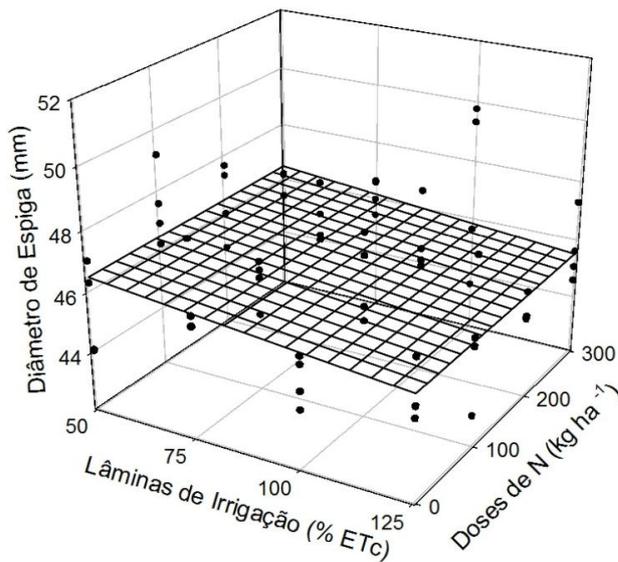
$$CE = 1,85E+1^{**} + 2,70E-3*DN$$

$$R^2 = 0,1790 \quad \rho = 0,0412$$

Verão/Outono

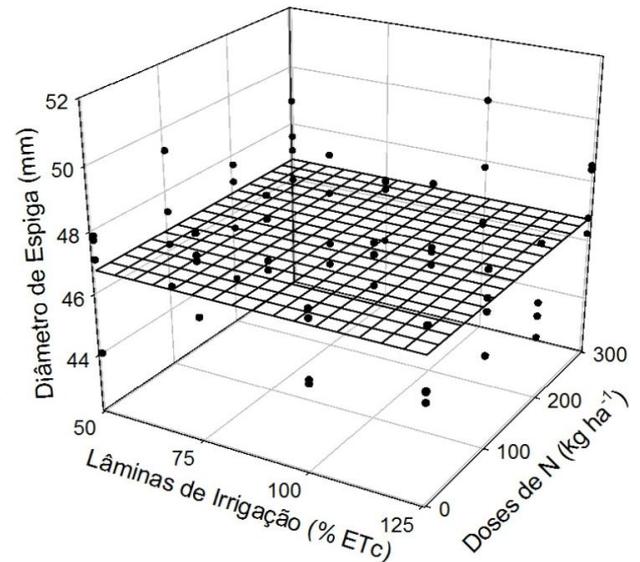


$$CE = 1,69E+1$$



$$DE = 4,72E+1^{**} - 1,31E-2*LI$$

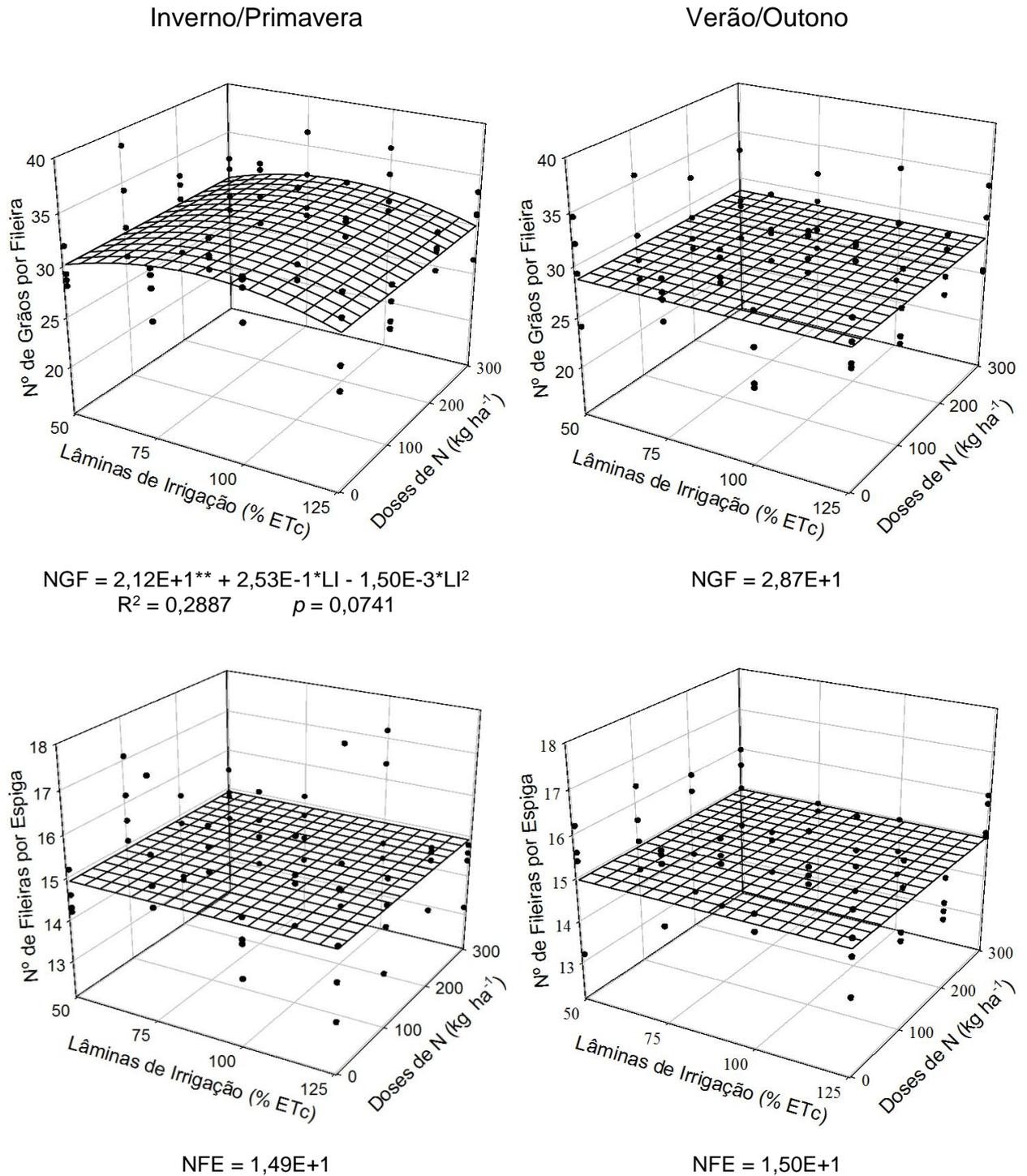
$$R^2 = 0,2100 \quad \rho = 0,0484$$



$$DE = 4,68E+1$$

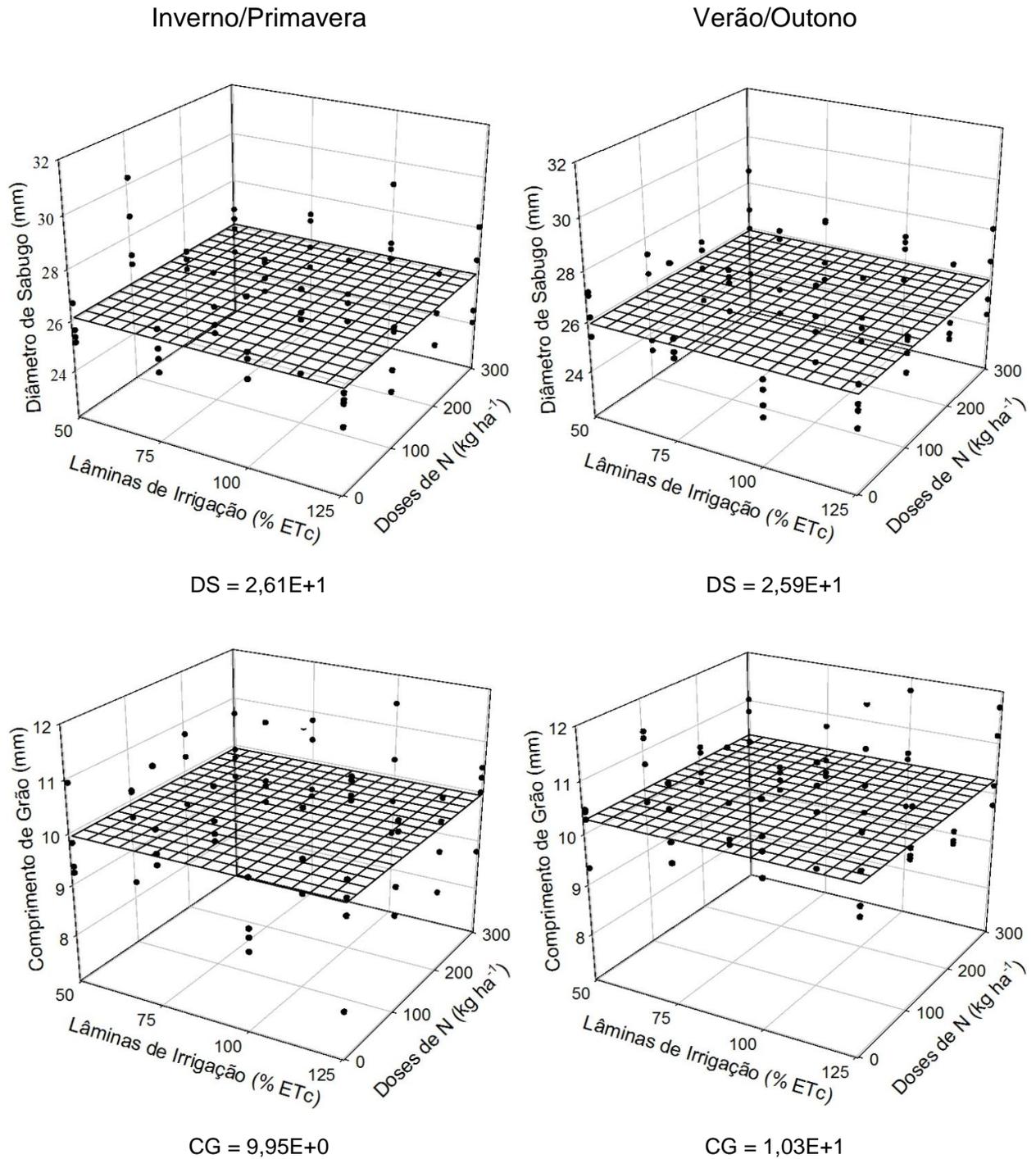
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Figura 12. Estimativa do comprimento de espiga (CE) e diâmetro de espiga (DE) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.



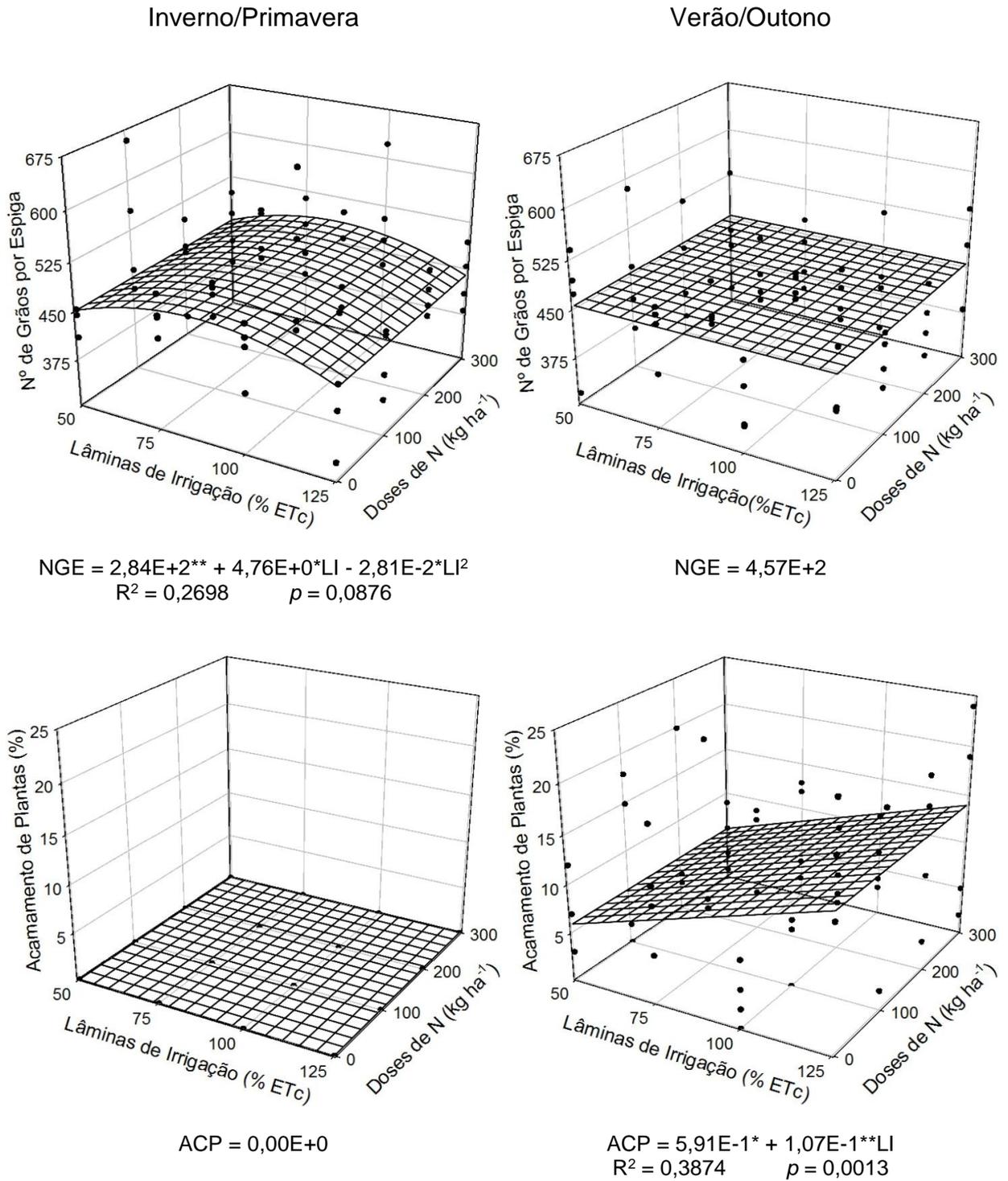
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Figura 13. Estimativa do número de grãos por fileira (NGF) e número de fileiras por espiga (NFE) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

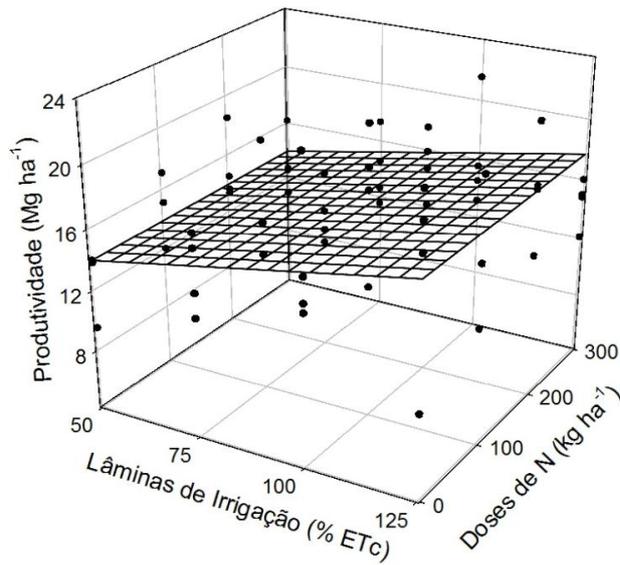
Figura 14. Estimativa do diâmetro de sabugo (DS) e comprimento de grão (CG) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Figura 15. Estimativa do número de grãos por espiga (NGE) e acamamento de planta (ACP) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.

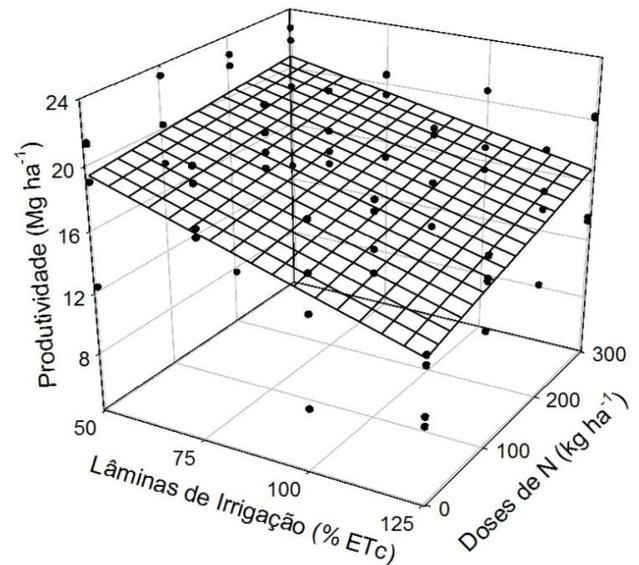
Inverno/Primavera



$$PE = 1,14E+1^{**} + 5,13E-2^{**}LI$$

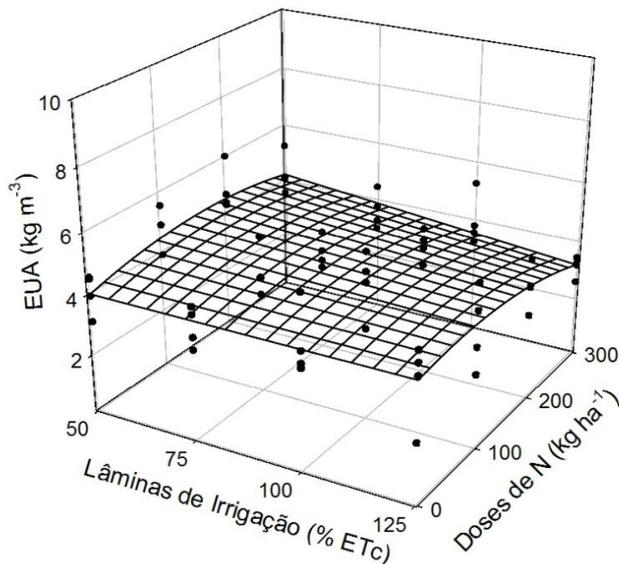
$$R^2 = 0,6334 \quad p = 0,0010$$

Verão/Outono



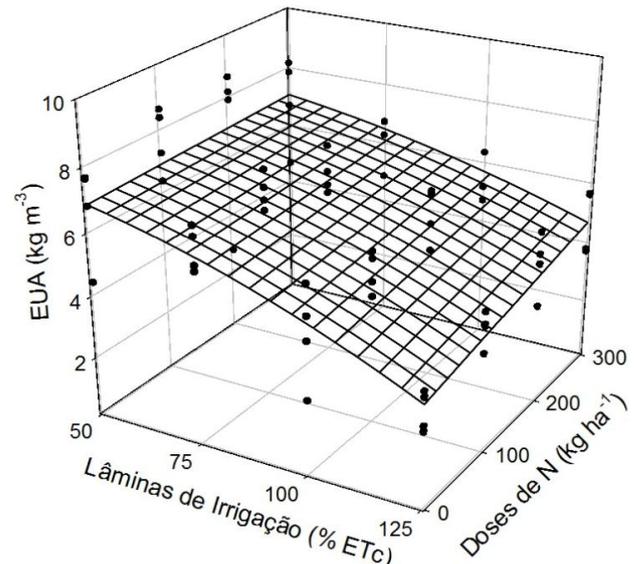
$$PE = 2,36E+1^{**} - 8,25E-2^{**}LI + 9,47E-5LI DN$$

$$R^2 = 0,8192 \quad p < 0,0001$$



$$EUA = 4,02E+0^{**} + 9,40E-3^{*}DN - 4,59E-5^{*}LI DN - 2,11E-5^{*}DN^2$$

$$R^2 = 0,4993 \quad p < 0,0196$$



$$EUA = 7,55E+0^{**} - 3,00E-4^{*}LI^2 + 2,87E-7^{*}LI^2 DN$$

$$R^2 = 0,9240 \quad p < 0,0001$$

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Figura 16. Estimativa da produtividade de espigas (PE) e eficiência do uso da água (EUA) em função das lâminas de irrigação (LI) e doses nitrogenadas (DN) nas diferentes épocas de cultivo. Chapadão do Sul - MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.

Quanto ao aumento da dose nitrogenada, não foi verificada resposta no teor de nitrogênio do milho doce cultivado na época Verão/Outono. Na época Inverno/Primavera, o teor de nitrogênio foliar apresentou comportamento quadrático em resposta às doses nitrogenadas (Figura 9). A adubação que maximizou o teor de nitrogênio foliar foi de 185,6 kg ha⁻¹ de N. Essa redução do teor de N nas folhas, após a dose citada, pode ser explicada baseada em Fernandes e Buzetti (2005). Esses autores relatam que o aproveitamento de N decresce com o aumento das doses aplicadas, por exceder as necessidades da cultura. Dessa forma, segundo os mesmos autores, o N pode ser perdido em forma de amônia. Silva et al. (2006) também corroboram com a presente pesquisa, semeando o milho doce na estação Primavera, em Dourados-MS. Os autores aplicaram doses nitrogenadas variando entre 0 e 250 kg ha⁻¹ e encontraram maior teor de N foliar de 3,0% com a adubação de 170 kg ha⁻¹ de N. França et al. (2011) avaliando o milho em Eldorado do Sul-RS, encontraram o máximo de teor de N foliar de 2,6% aplicando a dose nitrogenada de 190 kg ha⁻¹.

Independente da época de cultivo, as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo na profundidade do sistema radicular do milho doce, ou seja, o aumento da lâmina de irrigação proporcionou redução na profundidade das raízes (Figura 9). Esse resultado, possivelmente, foi devido o milho doce nos tratamentos com menores lâminas de irrigação, em forma de defesa para não sofrer com estresse hídrico, aprofundar seu sistema radicular para succionar água em camadas inferiores do solo. Taiz e Zeiger (2013) também afirmam esta tendência de crescimento do sistema radicular, como defesa, em condições de estresse hídrico. Segundo Alencar et al. (2010), existem algumas desvantagem das raízes não aprofundarem no solo. Sistemas radiculares superficiais ou rasos são mais propensos ao acamamento, sofrem rapidamente estresse hídrico com a falta de chuva ou irrigação e reduzem o raio de ação para obtenção de nutrientes no solo.

As doses nitrogenadas não proporcionaram efeito na profundidade do sistema radicular do milho doce (Figura 9). Soares et al. (2009) aplicando duas concentrações de N (zero e 6 mmol L⁻¹ de solo) em Latossolo Vermelho no município de Sete Lagoas-MG, também não observaram diferença na profundidade de raiz de 6 linhagens de milho convencional. Segundo esses autores, altas concentrações de nitrato podem até reduzir o crescimento de raízes, pois esse elemento inibe o fluxo de auxina para as mesmas. A auxina é um importante hormônio que regula processos fisiológicos nas plantas, como o crescimento e o desenvolvimento radicular (LIU et al., 2006).

As lâminas de irrigação proporcionaram efeito quadrático na altura de planta do milho doce cultivado na época Inverno/Primavera (Figura 10). De acordo com a equação de regressão, a lâmina de irrigação que maximizou a altura de planta foi de 111,3% da ETc, com valor de 1,77 m. Na época Verão/Outono, as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo. Este resultado não corrobora com os obtidos por Araújo et al. (1999), que encontraram efeito linear positivo das lâminas de irrigação na altura de planta do milho convencional. Çakir (2004) estudando o efeito do déficit hídrico em milho comum na província de Kirklareli na Turquia, constatou que o déficit hídrico na fase vegetativa e no início do pendramento provocam redução na estatura das plantas.

Em relação às doses nitrogenadas, independente da época de cultivo, não foi verificado efeito nas alturas de planta do milho doce (Figura 10). Resultado semelhante foram encontrados por Silva et al. (2006) aplicando doses de nitrogênio no milho doce antecedido da aveia em Dourados-MS; por Souza e Soratto (2006) aplicando doses nitrogenadas em milho comum em Cassilândia-MS; e Aguiar et al. (2012) aplicando doses nitrogenadas de 0 e 144 hg ha⁻¹ em milho verde no município de Gurupi-TO.

Quanto à altura de inserção da espiga de milho doce, as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear positivo na época Inverno/Primavera e linear negativo na época Verão/Outono (Figura 10). Esse resultado é explicado pela correlação positiva “quase perfeita” com a altura de planta (Tabela 8).

Independente da época de cultivo, não foi verificado efeito da adubação nitrogenada na altura de inserção da espiga de milho doce (Figura 10), corroborando com Aguiar et al. (2012). Esses autores avaliaram 22 híbridos de milho verde em Gurupi-TO, e não verificaram diferença na aplicação de doses de 0 e 144 hg ha⁻¹ de N na altura de espiga.

Quando cultivado no Verão/Outono o diâmetro de colmo do milho doce apresentou comportamento quadrático sob o efeito das lâminas de irrigação (Figura 11). De acordo com a equação de regressão, a lâmina de irrigação que maximizou o diâmetro de colmo foi de 83,0% da ETc, com valor de 19,89 mm. Brito et al. (2013) estudando o efeito do estresse hídrico no desenvolvimento do milho doce, no Verão de Pombal-PB, verificaram aumento linear positivo no diâmetro de colmo em função do aumento das lâminas de irrigação. Cortez et al. (2010) avaliando milho comum em Jaboticabal-SP, também encontraram maior diâmetro de colmo com a aplicação da maior lâmina de irrigação.

Independente da época de cultivo, não foi verificado efeito da adubação nitrogenada no diâmetro de colmo do milho doce (Figura 11) discordando dos resultados obtidos por Silva et al. (2006). Esses autores aplicaram diferentes doses de N em milho cultivado no município de Dourados-MS, e observaram que a dose de 180 kg ha⁻¹ maximizou a diâmetro de colmo.

Independente da época de cultivo, as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo no número de palha por espiga do milho doce (Figura 11). Presume-se que a planta, quando submetida a redução da disponibilidade hídrica sofre um aumento no número de palha por espiga, visando aumentar a proteção do grão, para que assim possa garantir perpetuação e proliferação da espécie. No entanto, esta variação do número de palha por espiga em reação as lâminas de irrigação testadas não chegou a comprometer os padrões de qualidade da espiga. O número de palha acima de 14 prejudica o rendimento industrial da espiga (OKUMURA et al., 2013), entretanto, número de palha inferior a 7 favorece o ataque de pragas (SAWAZAKI et al., 1990).

As lâminas de irrigação, independente da época de cultivo, não afetaram o comprimento da espiga do milho doce (Figura 12). Esse resultado corrobora com Ferreira et al. (2011) trabalhando com milho doce em Pombal-PB, e diverge de outras pesquisas na literatura. Blanco et al. (2011) avaliando lâminas de irrigação e doses de fósforo em milho verde consorciado com feijão-caupi em Teresina-PI, observaram efeito linear positivo no comprimento de espiga em função das lâminas de irrigação. Segundo Souza e Soratto (2006), o estresse hídrico durante a fase reprodutiva do milho limita o desenvolvimento da espiga, altera a sincronia entre o florescimento masculino e feminino, justificando assim o efeito das lâminas de irrigação. Esse resultado não foi alcançado na presente pesquisa, possivelmente pelas precipitações pluviais ocorridas na fase de florescimento nas duas épocas de cultivo (Figura 6).

As doses de nitrogênio proporcionaram efeito linear positivo no comprimento de espiga na época de cultivo Inverno/Primavera (Figura 12). Este resultado corrobora com Khazaei e Aghaalkhani (2011) no Irã e Carmo et al. (2012) em Palmeiras de Goiás-GO, ambos avaliando o efeito de doses de nitrogênio no comprimento de espiga do milho doce.

O diâmetro de espiga sofreu efeito linear negativo em função das lâminas de irrigação na época de cultivo Inverno/Primavera, entretanto, esse comportamento não foi repetido na época Verão/Outono (Figura 12). Apesar desse resultado, o diâmetro de espiga ficou acima dos valores recomendados para sua comercialização, que são

acima de 30 mm conforme Albuquerque et al. (2008). Diante disso, pode-se afirmar que as lâminas de irrigação não prejudicam esse parâmetro da espiga do milho doce.

As doses de nitrogênio não influenciaram o diâmetro da espiga do milho doce (Figura 12), corroborando com Aguiar et al. (2012) testando diferentes doses de N em milho verde cultivado em Gurupi-TO. Resultado oposto foi encontrado por Freire et al. (2010), que observaram comportamento quadrático testando doses variando entre 0 e 240 kg ha⁻¹ de N em milho cultivado em Prudente de Moraes-MG. Esses autores verificaram que o aumento do diâmetro de espiga foi expressivo somente até a dose de 60 kg ha⁻¹. Segundo Ohland et al. (2005), o diâmetro de espiga está relacionado com enchimento de grãos e número de fileiras de grãos por espiga. Na Tabela 8 esta afirmação é confirmada, pois o diâmetro de espiga apresenta “alta” correlação positiva com o número de fileira por espiga.

As lâminas de irrigação não afetaram o número de grãos por fileiras do milho doce cultivado no Verão/Outono. Na época Inverno/Primavera, as lâminas de irrigação conferiram efeito quadrático nesse parâmetro (Figura 13). Derivando a equação de regressão, o número máximo de grãos por fileira foi obtido aplicando a lâmina de irrigação de 84,2% da ET_c, resultando no valor máximo de 32 grãos por fileira.

A adubação nitrogenada não conferiu efeito no número de grãos por fileira da espiga do milho doce em nenhuma época de cultivo (Figura 13). Biscaro et al. (2011) aplicando adubações de duas formas e com doses crescentes de N em milho safrinha e irrigado em Dourados-MS, observaram comportamento quadrático, onde as doses de 290 e 360 kg ha⁻¹ de N aplicadas via solo e foliar, respectivamente, maximizaram o número de grãos por espiga.

As lâminas de irrigação e adubações nitrogenadas não afetaram o número de fileira de grãos por espiga do milho doce, apresentando um valor médio de 15 fileiras de grãos por espiga em ambas as épocas de cultivo (Figura 13), corroborando com Ferreira et al. (2011) em relação a lâminas de irrigação e Biscaro et al. (2011) com adubação nitrogenada. Biscaro et al. (2011) avaliaram o efeito de doses nitrogenadas variando entre 0 e 360 kg ha⁻¹ em cobertura no milho irrigado em Dourados-MS, e não encontraram variação significativa para esse parâmetro. No entanto, outros autores obtiveram respostas, como Carmo et al. (2012) em Palmeiras de Goiás-GO, que encontraram aumento do número de fileira de grãos por espiga em resposta ao aumento das doses de N.

As lâminas de irrigação e adubações nitrogenadas não afetaram o diâmetro de sabugo da espiga do milho doce, cujos valores médios encontrados nas épocas de

cultivo Inverno/Primavera e Verão/Outono foram de 26,1 e 25,9 mm, respectivamente (Figura 14). Este resultado não corrobora com Carmo et al. (2012), que constataram aumento linear do diâmetro de sabugo com o aumento da dose nitrogenada trabalhando com milho doce em Palmeiras do Goiás-GO.

O comprimento de grão da espiga do milho doce também não foi afetado pelas lâminas de irrigação e adubações nitrogenadas, cujos valores médios encontrados nas épocas de cultivo Inverno/Primavera e Verão/Outono foram de 9,95 e 10,30 mm, respectivamente (Figura 14). Kappes et al. (2009) aplicando 81 kg ha⁻¹ de N em milho safrinha, no município de Santa Carmem-MT, encontraram comprimento de grãos de 9,2 mm. Dourado Neto et al. (2004), ao avaliarem o comprimento de grão, também pela diferença entre o diâmetro de espiga e sabugo, constataram que não houve efeito da aplicação do nitrogênio, zinco e boro sobre este caractere.

O número de grãos por espiga do milho doce (Figura 15) apresentou o mesmo comportamento que o número de grãos por fileira (13) em resposta as lâminas de irrigação e adubação nitrogenada. Esses parâmetros são altamente correlacionáveis (quase perfeito), como verificado na Tabela 8. Na época de cultivo Inverno/Primavera, o número de grãos por espiga apresentou comportamento quadrático em função das lâminas de irrigação, em que o máximo valor retirado da equação de regressão foi de 487 grãos, correspondente a aplicação da lâmina de irrigação de 84,7% da ETc. Ferreira et al. (2011) estudando lâminas de irrigação em função da ETc, em milho doce cultivado em Pombal-PB, encontraram resultados próximos aos anteriormente citado, porém, não foi possível determinar a lâmina ótima de irrigação para esta característica. De acordo com Carmo et al. (2012), dentre os componentes de produção, o número de grãos por espiga é o parâmetro que mais está associado ao rendimento de milho doce, entretanto, isso não foi observado na presente pesquisa (Tabela 8).

As lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear positivo na porcentagem de plantas acamadas na época Verão/Outono (Figura 15), corroborando com Santos et al. (2000), aplicando estresse em diferentes linhagens de milho comum em Janaúba-MG. Esse resultado, possivelmente, foi devido a redução da profundidade das raízes com o aumento das lâminas de irrigação, ou seja, o acamamento apresentou comportamento inversamente proporcional em relação a profundidade de raiz. Com a diminuição do sistema radicular a função de ancoragem desempenhada pelas raízes é comprometida, assim predispondo a suscetibilidade da planta ao

acamamento. Essa afirmativa pode ser confirmada pela correlação negativa encontrada para esses parâmetros (Tabela 8).

As lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear positivo na produtividade de espiga de milho doce cultivado no Inverno/Primavera (Figura 16). Esse resultado analisado isoladamente sugere a irrigação do milho doce com reposição de 125% da ETc, para essa época. Entretanto, essa lâmina de irrigação não potencializa parâmetros importantes de qualidade de espiga, como número de grãos por fileira (Figura 13) e por espiga (Figura 15), que foram maximizados com lâminas de 84,2 e 84,7% da ETc, respectivamente. Analisando a equação de regressão da produtividade de espiga em função das lâminas de irrigação na época Inverno/Primavera (Figura 16), percebe-se que a redução na produtividade de espiga obtidas pela aplicação de lâminas de 125 e 85% da ETc, é de apenas 11,5%. Sabendo que o milho doce irrigado com 125% da ETc apresenta menor número de grãos por fileira e por espiga, acredita-se que grande parte dessa diferença seja em massa de sabugo. Diante disso, recomenda-se na época Inverno/Primavera, irrigar o milho doce com reposição de 85% da ETc.

As lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo na produtividade de espiga do milho doce cultivado no Verão/Outono (Figura 16). Sugere-se diante desse resultado, somado a não resposta dos parâmetros de qualidade de espiga ao aumento das lâminas de irrigação no Verão/Outono, que o milho doce seja irrigado com lâmina para repor 50% da ETc nessa época, para garantir maior produtividade e menor gasto com água e energia elétrica. Essa resposta verificada para época Verão/Outono não era esperada, entretanto, esse resultado pode ser explicado baseado no comportamento da profundidade de raízes (Figura 9). O aumento da lâmina de irrigação proporcionou redução no volume de solo explorado pelas raízes diminuindo a retirada de macro e micronutrientes pela cultura. Esse efeito proporcionado pelas lâminas de irrigação na profundidade de raízes também foi observado na época Inverno/Primavera, entretanto, com menor intensidade como observado nos coeficientes de regressão das equações apresentadas na Figura 9 (coef. = -0,57 para Verão/Outono e coef. = -0,49 para Inverno/Primavera). De acordo com essas equações, as profundidades de raízes, nos tratamentos com lâmina de irrigação de 125% da ETc, foram de 60 e 95 cm para as épocas Verão/Outono e Inverno/Primavera, respectivamente. Heinemann et al. (2009) avaliando milho comum em diferentes localidades do Estado de Goiás, concluíram que o estresse por deficiência hídrica não é o principal impedimento ao desenvolvimento da cultura do

milho em safra normal. Regiões que apresentam impedimento ao desenvolvimento do sistema radicular devem ter especial atenção visando maior sucesso na produção dessa cultura.

O acamamento de plantas, que também aconteceu devido à redução da profundidade das raízes, também pode ter contribuído com o efeito negativo das lâminas de irrigação na produtividade de espigas do milho doce cultivado no Verão/Outono. O aumento do acamamento, de acordo com a equação de regressão (Figura 15), foi de 135% da lâmina de irrigação de 50 para 125% da ETc, contribuindo significativamente para redução da produtividade de espiga de milho doce nessa época de cultivo.

Quanto às doses nitrogenadas (Figura 16), na época Verão/Outono proporcionaram efeito linear positivo na produtividade de espiga do milho doce. Observa-se que essa resposta teve interação com as lâminas de irrigação, em que a adubação nitrogenada conferiu maior aumento na produtividade de espiga nos tratamentos com maiores lâminas de irrigação. A maior produtividade de espiga de milho doce, de acordo com a equação de regressão, foi de 20,4 Mg ha⁻¹, obtida com lâmina de irrigação de 50% da ETc e adubação com 300 kg ha⁻¹ de N. Esse valor supera a máxima produtividade (19,5 Mg ha⁻¹) encontrada por Carmo et al. (2012), no Verão de Palmeiras do Goiás-GO, aplicando 150 kg ha⁻¹ de N. Na época Inverno/Primavera, as doses de nitrogênio não contribuíram para o aumento da produtividade de espigas de milho doce (Figura 16), corroborando com Khazaei et al. (2010). Esses autores avaliaram a densidade de plantas de milho doce associadas com doses de nitrogênio na região de Tarbiat no Irã, e não identificaram efeito da adubação nitrogenada em cobertura sobre o rendimento de espigas. Aguiar et al. (2012) aplicando doses nitrogenadas de 0 e 144 hg ha⁻¹ em milho verde, em Gurupitô, também não observaram diferença na produtividade de espigas. Entretanto, existem vários trabalhos na literatura mostrando resposta da produtividade de espiga em função do aumento da adubação nitrogenada (SILVA et al., 2003; SOUZA; SORATTO, 2006; FREIRE et al., 2010; BISCARO et al., 2011; CARMO et al., 2012; O'REILLY et al., 2012).

Este comportamento das doses de nitrogênio abaixo do esperado sobre alguns parâmetros estudados, sugere uma possível explicação apresentada por Costa et al. (2008), que afirmam que esta situação ocorre em virtude de níveis inadequados de potássio, devido a interação entre a absorção e o aproveitamento desses dois macronutrientes. Esta hipótese levantada é reforçada, pelo fato de não ter havido

suplementação de potássio proporcional às doses de nitrogênio, afim de equilibrar a interação entre estes dois elementos. Esta interação está relacionada com atividade da enzima redutase do nitrato, enzima que atua na incorporação do nitrogênio inorgânico (SILVA et al., 2011). Esse fato pode ser confirmado pela redução do potássio, apresentado na análise química do solo (Tabela 2), ocorrida entre os dois cultivos.

Independente da época de cultivo, verificaram-se nas equações de regressão interação entre lâminas de irrigação e adubação nitrogenada na eficiência de uso da água (EUA) pelo milho doce (Figura 16). Este comportamento também foi verificado por Al-Kaisi e Yin (2003), ao estudar o efeito de lâminas de irrigação, doses de nitrogênio e densidade de plantas em milho nos Estados Unidos da América. Verificou-se redução da EUA com o aumento da lâmina de irrigação devido esses fatores serem inversamente proporcionais. Na época Verão/Outono, a redução da EUA em função da lâmina de irrigação foi maior devido a também redução da produtividade de espiga ocorrida nessa época de cultivo. Este efeito linear negativo das lâminas de irrigação na EUA também foi observado por Garcia et al. (2009) trabalhando com milho doce nos Estados Unidos da América; por Blanco et al. (2011) em milho verde consorciado com feijão-caupi em Teresina-PI; e por Brito et al. (2013) em milho doce cultivado em Pombal-PB.

Na época Inverno/Primavera a adubação nitrogenada proporcionou efeito quadrático na EUA do milho doce, sendo 168,4 kg ha⁻¹ de N a dose que maximizou esse parâmetro, de acordo com a equação de regressão (Figura 16). As doses de nitrogênio na época Verão/Outono apresentaram efeito linear positivo.

Nas Tabelas 9 e 10 estão apresentados o custo operacional efetivo (COE) e o custo operacional total (COT) do milho doce cultivado nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono, para diferentes lâminas de irrigação. Observa-se que o COE e o COT apresentaram aumento com as lâminas crescentes de irrigação, em ambas as épocas de cultivo. A megagrama (Mg) do milho doce também apresentou aumento em seu custo em função do aumento das lâminas de irrigação na época Verão/Outono. Na época Inverno/Primavera observou-se o contrário, em que o custo da Mg do milho doce diminuiu em resposta às crescentes lâminas de irrigação. Este comportamento ocorreu devido a redução da produtividade em função do aumento da lâmina de irrigação nessa época de cultivo.

Tabela 9. Custo de produção na época de cultivo Inverno/Primavera do milho doce irrigado com diferentes lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2012

Composição dos custos	Lâminas de Irrigação			
	50% ET _c	75% ET _c	100% ET _c	125% ET _c
IN	R\$ 2.252,04	R\$ 2.252,04	R\$ 2.252,04	R\$ 2.252,04
SMO	R\$ 965,30	R\$ 1.135,95	R\$ 1.306,60	R\$ 1.477,25
OM	R\$ 368,00	R\$ 368,00	R\$ 368,00	R\$ 368,00
EE	R\$ 27,15	R\$ 40,72	R\$ 54,30	R\$ 67,87
DG	R\$ 36,12	R\$ 37,97	R\$ 39,81	R\$ 41,65
ALT	R\$ 195,00	R\$ 195,00	R\$ 195,00	R\$ 195,00
EI	R\$ 6.478,86	R\$ 6.478,86	R\$ 6.478,86	R\$ 6.478,86
COE	R\$ 10.322,47	R\$ 10.508,54	R\$ 10.694,61	R\$ 10.880,68
DE	R\$ 149,10	R\$ 149,10	R\$ 149,10	R\$ 149,10
AT	R\$ 206,45	R\$ 210,17	R\$ 213,89	R\$ 217,61
SP	R\$ 142,30	R\$ 149,55	R\$ 156,81	R\$ 164,07
ESD	R\$ 318,55	R\$ 374,86	R\$ 431,18	R\$ 487,49
CESSR	R\$ 234,12	R\$ 255,62	R\$ 277,12	R\$ 298,62
CF	R\$ 225,42	R\$ 229,53	R\$ 233,63	R\$ 237,74
Subtotal	R\$ 1.275,94	R\$ 1.368,84	R\$ 1.461,74	R\$ 1.554,64
COT	R\$ 11.598,42	R\$ 11.877,38	R\$ 12.156,35	R\$ 12.435,31
Produtividade (Mg ha ⁻¹)	13,97	15,25	16,53	17,81
Custo Mg ⁻¹	R\$ 830,53	R\$ 778,97	R\$ 735,41	R\$ 698,12
PV (R\$ Mg ⁻¹)	R\$ 728,91	R\$ 728,91	R\$ 728,91	R\$ 728,91
RB	R\$ 10.179,21	R\$ 11.114,03	R\$ 12.048,86	R\$ 12.983,68

IN = insumos; SMO = serviço de mão de obra; OM = operações mecanizadas; EE = energia elétrica; DG = despesas gerais; ALT = aluguel da terra; EI = equipamentos de irrigação; COE = custo operacional efetivo; DE = depreciação dos equipamentos; AT = assistência técnica; SP = seguro da produção; ESD = encargos sociais diretos; CESSR = contribuição de seguridade social; CF = custo financeiro; COT = custo operacional total; PV = preço de venda; RB = receita bruta.

Tabela 10. Custo de produção na época de cultivo Verão/Outono do milho doce irrigado com diferentes lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2013

Composição dos Custos	Lâminas de Irrigação			
	50% ETc	75% ETc	100% ETc	125% ETc
IN	R\$ 2.092,29	R\$ 2.092,29	R\$ 2.092,29	R\$ 2.092,29
SMO	R\$ 827,77	R\$ 929,66	R\$ 1.031,54	R\$ 1.133,43
OM	R\$ 368,00	R\$ 368,00	R\$ 368,00	R\$ 368,00
EE	R\$ 23,53	R\$ 35,29	R\$ 47,06	R\$ 58,82
DG	R\$ 33,12	R\$ 34,25	R\$ 35,39	R\$ 36,53
ALT	R\$ 195,00	R\$ 195,00	R\$ 195,00	R\$ 195,00
EI	R\$ 6.478,86	R\$ 6.478,86	R\$ 6.478,86	R\$ 6.478,86
COE	R\$ 10.018,56	R\$ 10.133,35	R\$ 10.248,14	R\$ 10.362,93
DE	R\$ 129,22	R\$ 129,22	R\$ 129,22	R\$ 129,22
AT	R\$ 66,89	R\$ 69,19	R\$ 71,49	R\$ 73,78
SP	R\$ 130,44	R\$ 134,92	R\$ 139,40	R\$ 143,87
ESD	R\$ 273,16	R\$ 306,79	R\$ 340,41	R\$ 374,03
CESSR	R\$ 348,02	R\$ 318,58	R\$ 289,15	R\$ 259,71
CF	R\$ 215,52	R\$ 218,06	R\$ 220,59	R\$ 223,12
Subtotal	R\$ 1.163,27	R\$ 1.176,76	R\$ 1.190,25	R\$ 1.203,74
COT	R\$ 11.181,83	R\$ 11.310,11	R\$ 11.438,39	R\$ 11.566,66
Produtividade (Mg ha ⁻¹)	20,19	18,48	16,77	15,06
Custo Mg ⁻¹	R\$ 553,96	R\$ 612,09	R\$ 682,05	R\$ 767,88
PV (R\$ Mg ⁻¹)	R\$ 749,62	R\$ 749,62	R\$ 749,62	R\$ 749,62
RB	R\$ 15.131,29	R\$ 13.851,41	R\$ 12.571,52	R\$ 11.291,64

IN = insumos; SMO = serviço de mão de obra; OM = operações mecanizadas; EE = energia elétrica; DG = despesas gerais; ALT = aluguel da terra; EI = equipamentos de irrigação; COE = custo operacional efetivo; DE = depreciação dos equipamentos; AT = assistência técnica; SP = seguro da produção; ESD = encargos sociais diretos; CESSR = contribuição de seguridade social; CF = custo financeiro; COT = custo operacional total; PV = preço de venda; RB = receita bruta.

A análise de margem bruta (MB) da produção do milho doce está apresentado na Tabela 11. Observa-se na época Inverno/Primavera que a lâmina de irrigação de 125% da ETc apresentou receita bruta superior ao COT, pagando todos os custos de produção. Nas demais lâminas de irrigação, a receita bruta obtida não paga o COT devido a menor receita bruta e maiores custos operacionais. Analisando a margem bruta na época Verão/Outono, observam-se que os COT foram pagos e ainda apresentaram superávits na receita bruta nos tratamentos com lâminas de irrigação de 50% da ETc (35,32%), 75% da ETc (22,47%) e 100% da ETc (9,91%). Esse superávit pode ser utilizado para pagar outros custos que possam surgir e ainda remunerar o produtor. Já para a lâmina de irrigação de 125% da ETc, a margem bruta foi de 2,38% negativo, o que demonstra que ficaram custos operacionais à pagar.

Tabela 11. Margem bruta (MB) da produção de milho doce cultivado nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono com diferentes lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2012-2013

Época de Cultivo	Lâminas de Irrigação			
	50% ETc	75% ETc	100% ETc	125% ETc
Inverno/Primavera	(12,24%)	(6,43%)	(0,88%)	4,41%
Verão/Outono	35,32%	22,47%	9,91%	(2,38)%

Valores negativos são apresentados entre parênteses ().

A época Inverno/Primavera proporcionou menor margem bruta em relação a época Verão/Outono. A receita bruta na safra Inverno/Primavera além de não remunerar o produtor, não apresenta recursos financeiros para cobrir o COT. Esse resultado foi devido as menores produtividades de espiga e menores valores de venda do milho doce na época Inverno/Primavera. O milho doce cultivado na época Inverno/Primavera apresentou valor de mercado de R\$ 728,91 Mg⁻¹ e na época Verão/Outono de R\$ 749,62 Mg⁻¹ (CEASA, 2013).

Analisando o ponto de nivelamento na época Inverno/Primavera (Tabela 12), verifica-se que a produção mínima necessária de milho doce para cobrir o COT ocorreu apenas quando o mesmo foi irrigado com lâmina de 125% da ETc. Para que o ponto de nivelamento fosse atingido pelas outras lâminas de irrigação, seriam necessários acréscimos de 1,94; 1,04 e 0,15 Mg ha⁻¹ na produção de espigas de milho doce nos tratamentos com lâminas de irrigação de 50, 75 e 100% da ETc, respectivamente. No entanto a lâmina de irrigação de 125% da ETc indica que após pagar o COT ainda sobraram 0,75 em Mg ha⁻¹ para cobrir demais despesas e remunerar o produtor.

Tabela 12. Ponto de nivelamento (Mg ha⁻¹) do milho doce cultivado nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono com diferentes lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2012-2013

Época de Cultivo	Lâminas de Irrigação			
	50% ETc	75% ETc	100% ETc	125% ETc
Inverno/Primavera	15,91	16,29	16,68	17,06
Verão/Outono	14,92	15,09	15,26	15,43

Para o milho doce cultivado na época Verão/Outono verifica-se que o ponto de nivelamento (Tabela 12) nos tratamentos com lâminas de irrigação de 50%, 75% e 100% da ETc pagam os COT sobrando ainda, respectivamente, 5,27; 3,39 e 1,51 Mg ha⁻¹ para remunerar o produtor. No entanto, a produtividade de milho doce no tratamento com lâmina de irrigação de 125% da ETc foi inferior a produção mínima para cobrir o COT, sendo necessário um adicional de 0,37 Mg ha⁻¹ na produção de espigas para atingir o ponto de nivelamento.

Analisando o lucro operacional (Tabela 13), observa-se no cultivo realizado na época Inverno/Primavera que as lâminas de irrigação de 50, 75 e 100% da ETc apresentaram valores negativos. Isso significa que a receita bruta nesses tratamentos foram inferiores ao COT, não pagando suas despesas. Nessa mesma época de cultivo, a lâmina de irrigação de 125% da ETc proporcionou produtividade maior que a necessária para pagar o COT, gerando lucratividade, entretanto, essa lucratividade foi pequena.

Tabela 13. Lucro operacional (LO) do milho doce cultivado nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono com diferentes lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2012-2013

Época de Cultivo	Lâminas de Irrigação			
	50% ETc	75% ETc	100% ETc	125% ETc
Inverno/Primavera	(R\$1.419,21)	(R\$763,35)	(R\$107,49)	R\$548,37
Verão/Outono	R\$3.949,46	R\$2.541,30	R\$1.133,14	(R\$275,03)

Valores negativos são apresentado entre parênteses ().

Na época de Verão/Outono, as lâminas de irrigação de 50, 75 e 100% da ETc apresentaram lucratividade (Tabela 13), ou seja, as receitas brutas foram superiores ao COT, cobrindo os custos de produção e obtendo um lucro operacional para remunerar o produtor. Observa-se também nessa época de cultivo, que o aumento das lâminas de irrigação proporcionaram redução no lucro operacional, em que a lâmina de irrigação de 125% da ETc proporcionou prejuízo ao sistema de produção. Franke e Dorfman (1998) também observaram redução do lucro com aumento da lâmina de irrigação no cultivo do milho comum no Estado do Rio Grande do Sul.

Em geral, o cultivo do milho doce na época Verão/Outono proporcionou maior lucratividade do que a época Inverno/Primavera, salvo para o tratamento com a lâmina de irrigação de 125% da ETc, que no cultivo realizado no Verão/Outono não proporcionou lucro operacional e sim prejuízo se tornando inferior a produção da época Inverno/Primavera. Freitas et al. (2001) realizando simulações por meio do modelo Ceres-Maize na produção de milho comum irrigado em Janaúba-MG, verificaram que semeadura realizada no mês de maio proporciona maior rentabilidade em relação as semeaduras em outubro e novembro. Os autores justificaram esse resultado na maior produção do milho no mês de maio, em resposta aos maiores valores de radiação solar.

O indicador índice de lucratividade da época de cultivo Verão/Outono foi maior do que a época de cultivo Inverno/Primavera (Tabela 14). Esse resultado também foi

devido aos menores custos operacionais e maior produtividade de espigas no cultivo realizado no Verão/Outono.

Tabela 14. Índice de lucratividade (IL) da produção do milho doce cultivado nas épocas Inverno/Primavera e Verão/Outono com diferentes lâminas de irrigação. Chapadão do Sul-MS, UFMS-CPCS, 2012-2013.

Época de Cultivo	Lâminas de Irrigação			
	50% ETc	75% ETc	100% ETc	125% ETc
Inverno/Primavera	(13,94%)	(6,87%)	(0,89%)	4,22%
Verão/Outono	26,10%	18,35%	9,01%	(2,44%)

Valores negativos são apresentado entre parênteses ().

Verifica-se nessa análise econômica, que o cultivo do milho doce na época Verão/Outono é economicamente rentável e viável. No entanto a época Inverno/Primavera se torna viável apenas para a aplicação da lâmina de irrigação de 125% da ETc. Essa viabilidade econômica é embasada a partir da apresentação dos resultados da pesquisa, demonstrados pelos indicadores de rentabilidade: receita bruta, margem bruta, ponto de nivelamento, lucro operacional e índice de lucratividade. Apesar de algumas lâminas de irrigação apresentarem um COT maior que a RB nestes primeiros cultivos, acredita-se que os cultivos posteriores poderiam apresentar maior rentabilidade devido a redução do COT com o abatimento do custo com o equipamento de irrigação, item de maior valor do COE.

5 CONCLUSÕES

Diante dos resultados, e considerando as condições em que o experimento foi realizado, concluiu-se que:

- O milho doce apresenta maior produtividade e qualidade quando cultivado na época Verão/Outono;
- Na época Inverno/Primavera, o milho doce deve ser irrigado com reposição de 85% da ETc, enquanto que no Verão/Outono, com 50% da ETc;
- A adubação nitrogenada não afeta a qualidade de espiga. Na época Inverno/Primavera, a adubação nitrogenada não afeta a produtividade e no Verão/Outono, a dose que maximiza a produtividade de espigas é de 300 kg ha⁻¹ de N; e
- A produção de milho doce no nordeste sul-mato-grossense é economicamente rentável quando o mesmo é cultivado no Inverno/Primavera e irrigado com lâmina de irrigação de 125% da ETc; ou quando é cultivado no Verão/Outono e irrigado com lâminas de irrigação de 50, 75 e 100% da ETc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, C. B. N.; COIMBRA, R. R.; AFERRI, F. S.; PAULA, M. J.; FREITAS, M. K. C.; OLIVEIRA, R. J. Desempenho agrônômico de híbridos de milho verde em função da adubação nitrogenada de cobertura. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 55, n. 1, p. 11-16, 2012.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.
- ALBUQUERQUE, P. E. P. Irrigação para o Cultivo do Milho Verde. PEREIRA FILHO, I. A. **O cultivo do milho verde**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. p 93-116.
- ALENCAR, C. A. B.; OLIVEIRA, R. A.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; CUNHA, F. F. Comportamento do sistema radicular de capins manejados por pastejo submetidos a diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 5, p. 429-437, 2010.
- AL-KAISI, M. M.; YIN, X. Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, n. 6, p. 1475-1482, 2003.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE, F. H.; UHART, S. A.; CIRILO, A. Temperature affects radiation use efficiency in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 17-25, 1993.
- ANDRADE, A. R. S.; LINS, F. J. A.; CAVALCANTE, P. M. M.; MELO, R. F.; CALADO, L. A. B.; RODRIGUES, J. A. V.; SILVA, L. C. B. Produção do milho em diferentes tipos de adubação e sistemas de irrigação. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia, **Anais...** Uberlândia, 2011 (CD-ROM).
- ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; SOFIATTI, V.; SILVA, R. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce colhidas em diferentes épocas. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 687-692, 2006.
- ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. Irrigation and nitrogen fertilization of corn. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 909-914, 1999.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2008, 625 p.

BISCARO, G. A.; MOTOMIYA, A. V. A.; RANZI, R.; VAZ, M. A. B.; PRADO, E. A. F.; SILVEIRA, B. L. R. Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 11, p. 10-19, 2011.

BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; VELOSO, M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 5, p. 524-530, 2011.

BORIN, A. L. D. C.; LANA, R. M. Q.; PEREIRA, H. S. Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, Edição Especial, p. 1591-1597, 2010.

BRACHTVOGEL, E. L. **População de plantas e uso de piraclostrobina na cultura do milho: alterações agronômicas e fisiológicas**. 2010. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

BRITO, M. E. B.; ARAÚJO FILHO, G. D.; WANDERLEY, J. A. C.; MELO, A. S.; COSTA, F. B.; FERREIRA, M. G. P. Crescimento, fisiologia e produção do milho doce sob estresse hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1244-1253, 2013.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 122, p. 12-14, 2008.

ÇAKIR, R. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 89, n. 1, p. 1-16, 2004.

CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C. G. Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, sup. 1, p. 223-231, 2012.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.

CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE MATO GROSSO DO SUL – CEASA -MS. **Dados de: Origem dos produtos - Volume comercializado e Preço praticado**. Disponível em < <http://www.ceasa.ms.gov.br/> > Acesso em: 20 ago. 2013.

CHUN, J. A.; WANG, Q.; TIMLIN, D.; FLEISHER, D.; REDDY, V. R. Effect of elevated carbon dioxide and water stress on gas exchange and water use efficiency in corn. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v. 151, n. 3, p. 378-384, 2011.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C. **Cultivo do milho: diagnose foliar do estado nutricional da planta**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Comunicado técnico, 45).

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1988. 569p.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; ZEITOUN, V. Componentes morfológicos do milho com modelos de roda compactadora, cargas verticais e lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1543-1549, 2010.

COSTA, K. A. P.; ARAUJO, J. L.; FRANQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; FIGUEIREDO, F. C.; GOMES, K. W. Extração de macronutrientes pela fitomassa do capim-xaraés em função de doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1162-1166, 2008.

COSTA, M. H. **Análise de dados de precipitação**. Viçosa: AEAMG, 1994. 21 p.

CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul, MS. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 159-172, 2013.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 50, p. 155-162, 1980.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; MARIO, J. L.; IDE, F. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 933-938, 2002.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements, irrigation and drainage**. Rome: FAO, 1975. 179 p. (Irrigation and Drainage Paper. n. 24).

DOURADO NETO, D.; FAVARIN, J. L. MANFRON, P. A.; PILAU, F. G.; SOARES, M. A.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; OHSE, S. Efeito de boro e nitrogênio na cultura do milho. **Insula**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 51-67, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 353 p.

EMPRESA ENERGÉTICA DE MATO GROSSO DO SUL S.A. – ENERSUL. **Tarifas**. Disponível em: <<http://www.enersul.com.br/sua-conta/tarifas/>>. Acesso em: 25 Set. 2013.

ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. A forma de aplicação da ureia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 360-365, 2005.

FACRE, W. R. **Três formas de fertilizantes nitrogenados e o futuro: uréia**. Piracicaba: Potafos, 2007.4p. (Informações Agronômicas, 120)

FANCELLI, A. L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. In: **Simpósio sobre rotação soja/milho no plantio direto**. Piracicaba, SP, 2000, CD-ROM.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETTO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agronômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos de solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 32, p. 135-146, 2010.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho agronômico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 235-241, 2003.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S. Efeito de níveis de nitrogênio na produtividade de seis cultivares de milho (*Zea mays* L.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 7, n. 1, p. 1-7, 2005.

FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: VAN LIER, Q. J. (ed.). **Física do Solo**. Viçosa: SBCS, 2010, p. 1-27.

FERREIRA, M. G.; BRITO, M. E.; COSTA, F. B. D.; ARAÚJO FILHO, G. D. D.; ALVINO, F. C. Aspectos químicos e físicos dos grãos de milho doce sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, Pombal, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS – FAO. FAOSTAT. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 8 set. 2013.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273 p.

FRANÇA, S.; MIELNICZUK, J.; ROSA, L. M.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. Nitrogênio disponível ao milho: Crescimento, absorção e rendimento de grãos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 11, p. 1143-1151, 2011.

FRANCO, H. C. J.; FRANCO, V. D. A.; MORAES, M. F.; TRIVELIN, P. C. O. Perda de nitrogênio pela *Brachiaria decumbens* após a antese: relação com a umidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 96-102, 2008.

FRANKE, A. E.; DORFMAN, R. Viabilidade econômica da irrigação, sob condições de risco, em regiões de clima subtropical. Cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 2003-2013, 1998.

FREIRE, F. M.; VIANA, M. C. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; PEDROSA, M. W.; COELHO, A. M.; ANDRADE, C. L. T. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 3, p. 213-222, 2010.

FREITAS, F. R. D.; ALMEIDA, J. M. F. Apicultura no município de Iguatu-CE: Um estudo de caso. **Cadernos de Cultura e Ciência**, Crato, v. 2, n. 1, p. 46-57, 2009.

FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C.; REZENDE, R.; GONÇALVES, A. C. A.; BERTONHA, A. Análise econômica de lâminas de água e de doses de nitrogênio, na cultura do milho, *Zea mays* L., utilizando o modelo CERES-Maize. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1139-1147, 2001.

GARCIA, G. A.; GUERRA, L. C.; HOOGENBOOM, G. Water use and water use efficiency of sweet corn under different weather conditions and soil moisture regimes. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, n. 10, p. 1369-1376, 2009.

HEINEMANN, A. B.; SOUSA, S. A. V.; FRIZZONE, J. A. Determinação da lâmina ótima de água para cultura do milho doce na região de Sete Lagoas, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 147-151, 2001.

HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. L. T.; GOMIDE, R. L.; AMORIM, A. O.; PAZ, R. L. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no Estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1026-1033, 2009.

KAGE, H.; KOCHLER, M.; STÜTZEL, H. Root growth of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*) under unstressed conditions: Measurement and modelling. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 223, n. 1-2, p. 133-147, 2000.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; SILVA, J. A. N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 251-259, 2009.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinold, 1990. 652 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing, 1975. 133p.

KHAZAEI, F.; ALIKHANI, M. A.; YARI, L.; KHANDAN, A. Study the correlation, regression and path coefficient analysis in sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*) under different levels of plant density and nitrogen rate. **Journal of Agricultural and Biological Science**, Islamabad, v. 5, n. 6, p. 14-19, 2010.

KHAZAEI, F.; AGHAALIKHANI, M. Nitrogen rate and plant density effect on dry matter accumulation and fresh ear yield of sweet corn. **Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)**, Tehran, v. 24, n. 3, p. 1-8, 2011.

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 93-103, 2007.

LIU, P. W.; IVANOV, I. I.; FILLEUR, S.; GAN, Y.; REMANS, T.; FORDE, B. G. Review nitrogen regulation of root branching. **Annals of Botany**, London, v. 97, n. 5, p. 875-881, 2006.

LUCHSINGER, A.; CAMILO, F. Rendimiento de maíz dulce y contenido de sólidos solubles. **Idesia**, Arica, v. 26, n. 3, p. 21-29, 2008.

LUNELLI, I. E.; MORATELLI, C. A.; PRIMO, M.; OLIVEIRA, R. S.; PRIOR, M. Avaliação de componentes da planta do milho sobre diferentes épocas de aplicação de nitrogênio em sucessão a diferentes coberturas de solo. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 3, n. 1, p. 123-128 2010.

MAGALHÃES, F. F.; CUNHA, F. F. Desempenho do software SEVAP na estimativa da evapotranspiração no Estado de Mato Grosso do Sul. **Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 16, p. 151-160, 2012.

MAGGIO, M. A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido "tropical"**. 2006. 55f. Dissertação (Mestrado em agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas- IAC, Campinas, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 2006, 638 p.

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ANGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 7-28, 1998.

MATA, J. F.; SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F.; AFFÉRRRI, F. S.; VIEIRA, L. M. Produção de milho híbrido sob doses de esterco bovino. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 125-134, 2010.

MEIRA F. A. **Fontes e modos de aplicação do nitrogênio na cultura do milho.** 2006. 52 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2006.

MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.

MELO FILHO, G. A.; RICHETTI, A. **Estimativa do custo de produção do milho 1º safra, 2002/03, para o Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.** Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. p. 6 (Comunicado Técnico, 57).

MENDONÇA, F. C. Evolução dos custos e avaliação econômica de sistemas de irrigação utilizados na cafeicultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO DA CAFEICULTURA NO CERRADO, 6, 2001, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2001. 212 p.

MONTEITH, J. L.; ELSTON, J. Climatic constraints on crop production, In: FOWDEN, L.; MANSFIELD, T.; STODDART, J. (Eds.). **Plant adaptation to environmental stress.** London: Chapman e Hall, 1996. p. 3-18.

MUDRIK, A. S. **Manejo da irrigação por gotejamento em cafeeiros nas condições edafoclimáticas do cerrado do triângulo mineiro.** 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa, 2005.

NUNES, A. L.; TREZZI, M. M.; DEBASTIANI, C. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 299-304, 2010.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OKUMURA, R. S. **Aspectos fitotécnicos e nutricionais do milho doce em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.** 2012. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. D. C.; FRANCO, A. A. N.; ZACCHEO, P. V. C.; ZORZENONI, T. O. Sweet corn: Genetic aspects, agronomic and nutritional traits. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 6, n. 1, p. 105-114, 2013.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Pombal, v. 4, n. 2, p. 26-244, 2011.

OLIVEIRA, R. A. TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAM, F. J.; CECON, P. R. Desempenho do irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 166-173, 2008.

O'REILLY, K. A.; LAUZON, J. D.; VYN, R. J.; VAN EERD, L. L. Nitrogen cycling, profit margins and sweet corn yield under fall cover crop systems. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 92, n. 2, p. 353-365, 2012.

PAIVA Jr., M. C.; PINHO, R. G.; PINHO, E. V. R.; RESENDE, S. G. Desempenho de cultivares para a produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em Lavras-MG. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1235-1247, 2001.

PARENTONI, S. N.; GAMA, E. E. G.; MAGNAVACA, R.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; BOAS, G. L. V. Milho doce. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 165, p. 17-22, 1990.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; JOSÉ, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011.

PAVAO, A. R.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 1, p. 81-108, 2011.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.

PAZ, V. P. S.; FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FOLEGATTI, M. V. Otimização do uso da água em sistemas de irrigação por aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 404-408, 2002.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Cultivares de Milho para o Consumo Verde**. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 7 p. (Circular Técnica n. 15).

PEREIRA Jr., E. B. P.; HAFLE, O. M.; OLIVEIRA, F. T.; OLIVEIRA, F. H. T.; GOMES, E. M. Produção e qualidade de milho-verde com diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 2, p. 277-282, 2012.

PEREIRA, A. F.; MELO P. G. S.; PEREIRA, J. M.; ASSUNÇÃO, A.; NASCIMENTO, A. R.; XIMENES, P. A. Caracteres agrônômicos e nutricionais de genótipos de milho doce. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 104-112, 2009.

PEREIRA, N. S.; SOARES, I.; PEREIRA, E. S. S. Uso de leguminosas como fonte alternativa de N nos agroecossistemas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 5, p. 36-40, 2013.

PIETERSE, P. A.; RETHMAN, N. F. G.; VAN BOCH, J. Production, water use efficiency and quality of four cultivars of *Panicum maximum* Jacq. at different levels of nitrogen fertilization. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 31, n. 2, p. 117-123, 1997.

RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science of American Journal**, Baltimore, v. 68, n. 1, p. 95-112, 1949.

RICHETTI, A. **Por que controlar o custo de produção. Dourados, MS:** Embrapa Agropecuária Oeste. Nov. 2007. Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo7.html>>. Acesso: 15 nov. 2012.

ROCHA, D. R.; FORNASIER FILHO, D.; BARBOSA, J. C. Efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes de cultivares de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 392-397, 2011.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, H. M. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 263-268, 2003.

ROSSETTI, K. V.; CENTURION, J. F. Tillage systems and hydro-physical attributes of an Oxisol cultivated with maize. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 472-479, 2013.

SABBAG, O. J.; NICODEMO, D. Viabilidade econômica para produção de mel em propriedade familiar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 94-101, 2011.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 101-110, 2002.

SANTOS, M. X.; ANDRADE, C. L. T.; LEITE, C. E. P.; PACHECO, C. A. P.; GAMA, E. E. G.; PARENTONI, S. N.; CARVALHO, H. W. L.; MEIRELLES, W. F.; DURÃES, F. O. Avaliação de linhagens e híbridos de milho selecionados para sincronia de florescimento sob condições normais de irrigação e com estresse de umidade. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 45, 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa, 2000. p. 240-252.

SAWAZAKI, E.; ISHIMURA, I.; ROSSETO, C. J.; MAEDA, J. A.; SAES, L. A. Milho verde: avaliação da resistência à lagarta da espiga, da espessura do pericarpo e outras características agrônômicas. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 2, p. 241-251, 1990.

SILVA, H. A.; MORAES, A.; CARVALHOI, P. C. F.; FONSECA, A. F.; GUIMARÃES, V. A.; MONTEIRO, A. L. G.; LANG, C. R. Viabilidade econômica da produção de novilhas leiteiras a pasto em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 745-753, 2012.

SILVA, I. O. **Avaliação de produção de milho doce para consumo em maçaroca em três datas de sementeira diferentes**. 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) - Departamento de Ciências Agrárias - Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo, 2012.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, P. I. B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 452-455, 2003.

SILVA, D. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006.

SILVA, F. A. S. **Sistema de Assistência Estatística – ASSISTAT versão 7.6 beta**. Departamento de Engenharia Agrícola (DEAG) do CTRN da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande – PB, 2008. Disponível em: <http://www.assistat.com/>. Acesso em: 25 de Agosto de 2013.

SILVA, S. M.; OLIVEIRA, L. J.; FARIA, F. P.; REIS, E. F.; CARNEIRO, M. A. C. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 11, p. 1931-1937, 2011.

SOARES, M. O.; MARRIEL, I. E.; MAGALHÃES, P. C.; GUIMARÃES, L. J. M., CANTÃO, F. R. D. O., ROCHA, M. C.; CARVALHO Jr., G. A.; MIRANDA, G. V. Discriminação de linhagens de milho quanto à utilização de nitrogênio, por meio da avaliação de características do sistema radicular. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n. 1, p. 95-105, 2009.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, E.; SORATTO, R. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TARSITANO, M. A. A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 3, p. 321-329, 2012.

SOUZA, R. S.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio In: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências dos Solos. 2006. 216 p.

SOUZA, R. S.; VIDIGAL FILHO, P. S.; SCAPIM, C. A.; MARQUES, O. J.; QUEIROZ, D. C.; OKUMURA, R. S.; RECHE, D, L; CORTINOVE, V. B. Produtividade e qualidade do milho doce em diferentes populações de plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 995-1010, 2013.

SYNGENTA

SEEDS.<<http://www.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/sementes/Pages/MILHO-DOCE-HIBRIDO-TROPICAL-PLUS.aspx>>. Acesso em: Outubro de 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2013. 820 p.

TEIXEIRA, F. F.; GAMA, E. E. G.; PAES, M. C. D.; COSTA, F. M. **Aspectos agrônômicos e de qualidade de espiga em famílias endogâmicas de milho doce**. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2009, p. 6. (Circular técnica n. 121).

TEIXEIRA, F. F.; SOUZA, I. R. P.; GAMA, E. E. G.; PACHECO, C. A. P.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; MEIRELLES, W. F. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 483-488, 2001.

THORUP-KRISTENSEN, K. Are differences in root growth of nitrogen catch crops important for their ability to reduce soil nitrate-N content, and how can this be measured? **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 230, n. 2, p. 185-195, 2001.

TRACY, W. F. Sweet corn. In: HALLAUER, A. R. **Specialty corn**. Boca Raton, 2001. p. 155-198.

VASCONCELOS, C. A.; VIANA, M. C. M.; FERREIRA, J. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período de inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1835-1845, 1998.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; MONTES, D. R. P.; CUNHA, F. F. Custo da irrigação do cafeeiro em diferentes tipos de equipamento e tamanhos de área. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 53-61, 2011.

VIEIRA Jr., P. A.; DOURADO NETO, D. Milho. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. Piracicaba: Ceres, 2008. p. 130-156.

VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; REIS, R. P.; LIMA Jr., J. A.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 781-788, 2011.

VITTI, G. C.; TAVARES JUNIOR, J. E.; LUZ, P. H. C.; FAVARIN, J. L.; COSTA, M. C. G. Influência da mistura de sulfato de amônio com uréia sobre a volatilização de nitrogênio amoniacal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 663-671, 2002.

WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; LIMA, A. D. S.; POTT, C. A.; SUCHORONCZEK, A. Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 135-149, 2011.

WERLE, A. J. K. **Avaliação dialélica de linhagens elites e híbridos de milho**. 2011. 70f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, 2011.

WETSELAAR, R.; FARQUHAR, G. D. Nitrogen losses from tops of plants. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 33, n. 1, p. 263-302, 1980.

ZÁRATE, N. A. H; VIEIRA, M. C; SOUZA, T. M; RAMOS, D. D. Produção e renda líquida de milho verde em função da época de amontoa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 95-100, 2009.

ZAVASCHI, E. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de uréia revestida com polímeros**. 2010. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

ZUCARELI, C.; PANOFF, B.; PORTUGAL, G.; FONSECA, I. C. B. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 480-487, 2012.