

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS
CERES
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE MILHO-VERDE CULTIVADO SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO NAS CONDIÇÕES DO CERRADO

Autor: Eliaby José de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Hyrandir Cabral de Melo
Coorientador: Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa

CERES - GO
Maio – 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS
CERES

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE MILHO-VERDE CULTIVADO SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO NAS CONDIÇÕES DO CERRADO

Autor: Eliaby José de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Hyrandir Cabral de Melo
Coorientador: Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO, ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres – Área de concentração Irrigação.

CERES - GO
Maio – 2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

O42m OLIVEIRA, ELIABY JOSÉ DE
Morfofisiologia e Produção de Milho-Verde
Cultivado Sob Diferentes Lâminas de Água e Doses de
Nitrogênio nas Condições do Cerrado / ELIABY JOSÉ DE
OLIVEIRA; orientador Dr. Hyrandir Cabral de Melo; co-
orientador Dr. Cleiton Mateus Sousa. -- Ceres,
2020.
53 p.

Dissertação (em Mestrado em Irrigação no Cerrado)
-- Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2020.

1. Zea mays. 2. Adubação de cobertura. 3.
Gotejamento. 4. Trocas gasosas. 5. AG-1051. I. Melo,
Dr. Hyrandir Cabral de , orient. II. Sousa, Dr.
Cleiton Mateus , co-orient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS
CERES

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO NO CERRADO

MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE MILHO-VERDE CULTIVADO SOB DIFERENTES
LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO NAS CONDIÇÕES DO CERRADO

Autor: Eliaby José de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Hyrandir Cabral de Melo
Coorientador: Prof. Dr. Cleiton Mateus Sousa

TITULAÇÃO: Mestre em Irrigação no Cerrado - Área de Concentração Irrigação

APROVADA em 18 de fevereiro de 2020.



Dr. Frederico Rocha Rodrigues Alves
Avaliador externo
Universidade Federal de Goiás-UFG



Prof. Dr. Renato Souza Rodovalho
Avaliador interno
IF Goiano - Campus Ceres



Prof. Dr. Hyrandir Cabral de Melo
Orientador
Universidade Federal de Goiás-UFG

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente em todos os momentos da minha vida, ao meu pai José Simão de Oliveira, à minha mãe Elismar Marques da Silva Oliveira e aos meus irmãos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por permitir que eu tenha saúde e sabedoria para concluir esse trabalho.

Aos meus pais, irmãos, amigos e principalmente os meus avós Pedro Marques e Joana Coelho, que me incentivaram do início ao fim desse curso.

À minha namorada Renata Coelho Moura, pela contribuição nas avaliações da pesquisa.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Ceres, pela estrutura e suporte oferecidos para o desenvolvimento do curso, e ao seu corpo docente, direção e administrativo, pela contribuição.

Ao meu orientador Hyrandir Cabral de Melo, pelo suporte no desenvolvimento deste trabalho bem como pelas correções e incentivos.

À banca examinadora.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação, o meu muito obrigado.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Nascido em Ceres, Estado de Goiás, em 27 de setembro de 1991, filho de Elismar Marques da Silva Oliveira e José Simão de Oliveira. Em dezembro de 2008, concluiu o ensino médio na Escola Agrotécnica Federal de Ceres, atualmente Instituto Federal Goiano-Campus Ceres. No ano de 2009, ingressou no curso Técnico em Meio Ambiente no Instituto Federal Goiano-Campus Ceres e se diplomou no ano de 2010. Em 2012, iniciou o curso de bacharelado em agronomia no Instituto Federal Goiano-Campus Ceres, diplomando-se no ano de 2017. No ano de 2018, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Irrigação no Cerrado no Instituto Federal Goiano-Campus Ceres (IF Goiano), desenvolvendo a dissertação intitulada Morfofisiologia e Produção de Milho Verde Cultivado Sob Diferentes Lâminas de Água e Doses de Nitrogênio nas Condições do Cerrado, sob a orientação do professor Dr. Hyrandir Cabral de Melo, com defesa em 18/02/2020.

RESUMO

OLIVEIRA, ELIABY JOSÉ DE. Instituto Federal Goiano – Campus Ceres/GO, Fevereiro de 2020. **Morfofisiologia e produção de milho-verde cultivado sob diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio nas condições do cerrado.** Orientador: Dr. Hyrandir Cabral de Melo. Coorientador: Dr. Cleiton Mateus Sousa

O milho-verde é requerido para o consumo durante o ano todo em razão do seu uso na culinária brasileira nas mais diferentes formas, no entanto, seu cultivo é limitado na região do Cerrado brasileiro por aproximadamente cinco meses do ano por falta de chuvas durante o período seco, prejudicando a oferta deste produto no mercado. Para atender essa demanda, é necessário conhecer os fatores envolvidos na sua produção, entre eles, adubação nitrogenada e irrigação ao longo do período de estiagem. Neste sentido, o presente estudo tem o objetivo de avaliar a influência de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio em cobertura na morfofisiologia e produção de milho-verde cultivado nas condições do Cerrado. O experimento foi conduzido no período de julho a outubro de 2018 em condições de campo no Cerrado goiano, na região do Vale do São Patrício, microrregião de Ceres-GO. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas com dois fatores de variação. O primeiro fator corresponde às lâminas de 125%, 100%, 75%, 50% da reposição hídrica da evapotranspiração e o segundo fator, às doses de nitrogênio em cobertura de 0, 70, 140, 210 kg N ha⁻¹, com 4 repetições de cada tratamento. Durante o experimento, foram avaliadas trocas gasosas e fluorescência da clorofila. As análises morfológicas referiram-se ao diâmetro do colmo (DC), altura da planta (AP), comprimento da folha de inserção da espiga (CFE), largura da folha da espiga (LFE), comprimento do pendão (CP), número de folhas (NF), número de ramificação secundária do pendão (NRSP), massa verde de planta sem espiga (MVPSE), área foliar (AF), peso da espiga com palha (PECP), peso da espiga sem palha (PESP), comprimento da espiga com palha (CECP), comprimento da espiga sem palha (CESP), diâmetro da espiga com palha (DECP), diâmetro da espiga sem palha (DESP), número de cariopses por fileira (NCF) e à massa fresca da cariopse (MFC). As lâminas de água e as doses de nitrogênio não influenciaram nas trocas gasosas, mas influenciaram nos valores de AF, CFE, LFE, AP e MFC. A aplicação da lâmina de 125% promoveu os maiores valores de CESP, NCF, DC, MVPSE e PECP. A adubação com dose de 210 kg ha⁻¹ de nitrogênio promoveu os maiores valores para CECP, DECP, NCF, NRSP, PECP e MVPSE. O maior valor para DESP foi obtido com a dose de 140 kg ha⁻¹. O maior valor para DECP foi obtido com a lâmina de 100%, enquanto o maior valor de DESP ocorreu aplicando a lâmina de 75%. Houve correlação positiva entre a AF e os parâmetros de produção. A eficácia da adubação

nitrogenada foi limitada pela disponibilidade hídrica para os parâmetros AF, NF, CFE, LFE e AP. Em uma perspectiva geral, a maior produção foi obtida com uso da lâmina de água de 125% e 210 kg N ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, adubação de cobertura, gotejamento, trocas gasosas, AG-1051.

ABSTRACT

OLIVEIRA, ELIABY JOSÉ DE. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Ceres Campus, Goiás State (GO), February 2020. **Morphophysiology and yield of sweet corn cultivated under different water depth and nitrogen doses in the Cerrado (Brazilian Savannah) edaphoclimatic conditions.** Advisor: Dr. Hyrandir Cabral de Melo. Joint supervisor: Cleiton Mateus Sousa

Sweet corn is used in Brazilian cuisine in many different ways all year round. However, its cultivation is limited in the Cerrado region (Brazilian Savannah) for only about five months of the year due to the drought, affecting its supply in the market. To meet this demand, it is needed to know the factors involved in its production, such as nitrogen fertilization and irrigation along the dry season. In this sense, this study aims to evaluate the influence of different water depth and nitrogen levels in coverage on the morphophysiology and yield of green corn cultivated under Cerrado edaphoclimatic conditions. The experiment was carried out under field conditions in the Cerrado, São Patrício Valley region, Ceres municipality microregion, Goiás State (GO), Brazil, from July to October 2018. A randomized complete block design was used, arranged in subplots with two factors. The first factor corresponds to the water depth (125%, 100%, 75%, and 50%) of the evapotranspiration replacement, and the second factor corresponds to nitrogen doses in coverage (0, 70, 140, and 210 kg N ha⁻¹) with four replicates for each treatment. Gas exchange and chlorophyll fluorescence were evaluated during the experiment. The morphometric analyzes were related to stem diameter (SD), plant height (PH), length of cob insertion leaf (LCL), width of cob insertion leaf (WCL), tassel length (TL), leaves number (LN), tassel secondary branch number (TSBN), green mass of plant without cob (GMPWC), leaf area (LA), weight of the cob with straw (WCWS), weight of the strawless cob (WSC), length of the cob with straw (LCWS), length of the strawless cob (LSC), diameter of the cob with straw (DCWS), diameter of the strawless cob (DSC), number of caryopses per row (NCR), and fresh mass of caryopsis (FMC). The water depth and nitrogen doses have not influenced gas exchange but have influenced LA, LCL, WCL, PH, and FMC. The use of the 125% water depth has promoted the highest values for LSC, NCR, SD, GMPWC, and WCWS. Fertilization with nitrogen dose of 210 kg N ha⁻¹ has promoted the highest values for DCWS, NCR, TSBN, WCWS, and GMPWC. The largest DSC was found with a dose of 140 kg N ha⁻¹. The largest DCWS was found with the 100% depth water, while the largest DSC occurred using the 75% depth water. There was a positive correlation between LA and yield parameters. The nitrogen fertilization effectiveness was limited by water availability for LA, LN,

LCL, WCL, and PH parameters. In general, the highest yield was found when using the 125% water depth and 210 kg N ha⁻¹.

KEY WORDS: *Zea mays*. AG-1051. Dripping. Gas exchange. Nitrogen.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise química e de textura do solo.	37
Tabela 2: Valores de Kc para a cultura do milho.....	42
Tabela 3: Resultados gerais da análise de variância das variáveis fisiológicas, morfológicas e de produção.....	44
Tabela 4: Correlação entre área foliar e parâmetros de produção.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fases de desenvolvimento do milho. Fonte: Ciampiti et al. (2016).....	24
Figura 2: Representação esquemática da rota de assimilação do nitrogênio nas raízes (B) e folhas (A). (NO_3^- : nitrato; NO_2^- : nitrito; NH_4^+ : amônio; GLN: glutamina; GLU: glutamato; RN: redutase do nitrato; RNi: redutase do nitrito; GS: sintetase da glutamina; GOGAT: sintase do glutamato; T: transportador; FER_R : ferredoxina reduzida). Fonte: Bredemeier & Mndstock (2000).....	34
Figura 3: (A) Valores de temperatura máxima, média e mínima no local do experimento. (B) valores de umidade máxima, média e mínima no local do experimento.	39
Figura 4: Precipitação pluviométrica e leituras de evaporação do tanque classe A registradas durante o experimento.....	40
Figura 5: Tanque Classe A e abrigo para termo-higrômetro instalado no local do experimento.	40
Figura 6: Superfície de resposta das análises morfométricas nas plantas submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio. A- Área foliar (AF); B- Número de folhas (NF); C- Comprimento da folha da espiga (CFE) e D-Largura da folha da espiga (LFE).	46
Figura 7: Resposta das análises morfométricas nas espigas de milho-verde submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio. A- Peso de espiga com palha (PECP); B- Comprimento de espiga sem palha (CESP); C- Diâmetro de espiga com e sem palha (DECSP) e D-Número de cariopse por fileira (NCF).	48
Figura 8: Resposta das análises morfométricas nas espigas de milho-verde submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio. A- Peso de espiga com palha (PECP); B- Comprimento de espiga com e sem palha (CECSP); C- Diâmetro de espiga com e sem palha (DECSP) e D-Número de cariopse por fileira (NCF).	49
Figura 9: Superfície de resposta da massa fresca do cariopse (MFC) submetidos a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio.	50
Figura 10: Superfície de resposta, A- Comprimento do pendão (CP) e resposta, B- Número de ramificação secundária do pendão(NRSP) de milho-verde submetido a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio.....	50

Figura 11: Superfície de resposta, A- Altura de planta (AP) e resposta, B:C- Diâmetro do colmo (DC); D:E-Massa verde de planta sem espiga (MVPSE) de milho-verde submetida a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio.52

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo /Sigla	Significado	Unidade de Medida
%	Porcentagem	-
A	Fotossíntese líquida	$\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$
AF	Área foliar	cm^2
Al	Alumínio	cmolc kg^{-1}
AP	Altura de Planta	m
Ca	Cálcio	cmolc kg^{-1}
CECP	Comprimento da espiga com palha	cm
CESP	Comprimento da espiga sem palha	cm
CFE	Comprimento da folha da espiga	cm
cmolc kg^{-1}	Centimol por quilograma	-
CP	Comprimento do pendão	cm
CTC	Capacidade de trocas catiônicas	-
CUD	Coefficiente de uniformidade de distribuição	%
DAE	Dias após emergência	-
DAS	Dias após sementeira	-
DC	Diâmetro do colmo	cm
DECP	Diâmetro da espiga com palha	cm
DESP	Diâmetro da espiga sem palha	cm
E	Transpiração	$\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$
ECA	Evaporação de água livre no tanque	mm
ETc	Evapotranspiração da cultura	mm
ETo	Evapotranspiração de referência	mm
EVT	Evapotranspiração	-
fv/fm	Fluorescência	$\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$
g (minúsculo)	Gramas	-
g dm^{-3}	Gramas por decímetro cúbico	-
g kg^{-1}	Gramas por quilograma	-
Gs	Condutância estomática	$\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$
H	Hidrogênio	-
ha	Hectare	-

Símbolo /Sigla	Significado	Unidade de Medida
K	Potássio	mg dm ³
Kc	Coeficiente da cultura	-
Kg	Quilograma	-
kg ha ⁻¹	Quilograma por hectare	-
Kp	Coeficiente do tanque	-
L	Litros	-
L ha ⁻¹	Litros por hectare	-
LFE	Largura da folha de inserção da espiga	cm
M	Metros	-
m(análise de solo)	Saturação do alumínio	%
M.O.	Matéria orgânica	-
MFC	Massa fresca da cariopse	kg ha ⁻¹
Mg	Magnésio	cmolc kg ⁻¹
mg dm ⁻³	Miligramas por decímetro cúbico	-
ml	Mililitros	-
Mm	Milímetros	-
mm dia ⁻¹	Milímetro por dia	-
MVPSE	Massa verde de planta sem espiga	kg ha ⁻¹
N	Nitrogênio	-
NCF	Número de cariopses por fileira	-
NF	Número de folhas	-
NH ₄ ⁺	Amônio	-
NO ₂ ⁻	Nitrito	-
NO ₃ ⁻	Nitrato	-
NRSP	Número de ramificação secundária do pendão	-
P	Fósforo	mg dm ⁻³
PECP	Produtividade de espigas com palha	kg ha ⁻¹
pH	Potencial hidrogeniônico	-
R\$	Real	-
t kg ⁻¹	Tonelada por hectare	-
t	Toneladas	-
V	Saturação de bases	%

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 Importância econômica da cultura do milho.....	21
2.2 Cultivar Agrocerees 1051.....	22
2.3 Fases fenológicas do milho.....	23
2.4 Importância da água para o milho.....	26
2.5 Importância da adubação nitrogenada para o milho.....	30
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3.1 Caracterização da área experimental.....	36
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	36
3.3 Preparo do solo e adubação.....	36
3.4 Condução da cultura.....	37
3.5 Manejo da irrigação.....	38
3.6 Variáveis analisadas.....	42
3.7 Tratamento estatístico.....	43
4. RESULTADOS.....	44
5. DISCUSSÃO.....	53
6. CONCLUSÕES.....	58
REFERÊNCIAS.....	59
APÊNDICE.....	69

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal empregado na alimentação humana sob variadas formas através de grãos secos ou verdes. Quando as espigas são colhidas no estádio R3 para consumo *in natura*, na forma de grãos verdes, ele é conhecido popularmente como milho-verde, podendo ser consumido cozido ou assado, como também processado para fazer comidas brasileiras tradicionais como o curau e a pamonha, sendo ainda utilizado na confecção de bolos, biscoitos, sorvetes, picolé, suco, entre outros alimentos.

A comercialização do milho-verde é feita na Central de Abastecimento de Goiás (CEASA) e também em venda direta do produtor ao consumidor final em feiras, estabelecimentos como pamonharias e supermercados. De acordo com o relatório anual publicado pelas centrais de abastecimento de Goiás, em 2018, foram comercializadas 15.672,03 t de milho verde, gerando um montante de R\$ 19.403.697,06. Desse montante comercializado, 68,84% foi produzido no estado, tendo a demanda restante sido suprida principalmente pelos estados de São Paulo e Minas Gerais (CEASA-GO, 2019).

Inúmeras são as aplicações do milho-verde, havendo uma grande demanda para seu consumo. Para atender essa demanda, é necessário garantir produção ao longo do ano inteiro, no entanto, regiões que têm períodos de seca, caso do Cerrado do Centro-Oeste, necessitam se equipar com tecnologias de irrigação para suprir a demanda do milho-verde em época de estiagem prolongada.

Para a produção, é necessária a implementação de tecnologias de irrigação assim como o estudo da viabilidade entre custo de produção e produtividade, atrelada à minimização de impactos ao meio ambiente (Nascimento *et al.*, 2017; Ribeiro, 2017). Outro fator que, associado a um adequado manejo de irrigação, contribui substancialmente para a viabilidade de produção de milho é um adequado manejo nutricional da cultura.

O conhecimento a respeito da dosagem de nutrientes é fundamental para a cultura do milho-verde, a fim de promover um bom desenvolvimento de suas plantas, resultando no máximo de rendimento com qualidade de espigas que atendam a demanda do mercado. Entre os nutrientes, o nitrogênio é o mais requerido quantitativamente pelas plantas, apresentando alta mobilidade no solo, requerendo monitoramento frequente de sua disponibilidade às plantas. O nitrogênio (N) é um elemento limitante para o desenvolvimento dos vegetais por integrar moléculas muito abundantes, a exemplo de proteínas, clorofila e ácidos nucleicos. A importância do N na produção de milho-verde tem sido objeto de estudo em várias pesquisas (Freire *et al.*, 2010; Machado Filho *et al.*, 2018; Sousa *et al.*, 2017).

O efeito do nitrogênio e da água no desenvolvimento das plantas e na produção agrícola já é conhecido, porém estudado de forma isolada. Presume-se que também haja interação desses dois fatores quando estudados de forma concomitante, sendo estes estudos ainda incipientes. Esta hipótese advém da interdependência destes dois fatores, pois há necessidade de água em abundância para satisfatório movimento e consequente distribuição de N aos diferentes órgãos da planta, a partir de sua absorção, sendo assim, o fator água pode afetar a assimilação de nitrogênio (Lea & Miñin, 2018).

A assimilação de nitrogênio depende da disponibilidade de esqueleto orgânico de carbono, cuja formação pode ser prejudicada pela pouca disponibilidade hídrica, que aumenta a resistência estomática, que, por sua vez, dificulta o influxo de CO₂ à folha, desta forma prejudicando o processo de carboxilação (Kaiser, 1987).

Embora existam muitos estudos com milho cultivado para diferentes finalidades, faltam estudos específicos para o cultivo de milho-verde envolvendo fatores de promoção de produção, especialmente em se tratando de regiões com escassez de chuvas em longos períodos do ano, caso do Cerrado, embora seja uma região em que os agricultores se dediquem a seu cultivo.

A influência da água na produção de milho se faz bem visível na época seca, dada a escassez de milho-verde no mercado, a despeito de sua procura. O produtores que conseguem colocar o produto no mercado no período seco do ano são aqueles que se utilizam da irrigação, normalmente disponibilizando água às plantas em quantidades subótimas ou supraótimas. No primeiro caso, inviabilizam a expressão da máxima capacidade produtiva das plantas, no segundo caso, desperdiçam água, elemento considerado crítico ao futuro da agricultura e que tem sido o centro da atenção em se tratando de uso racional de recursos ambientais. A falta ou o desperdício de água na agricultura advém não somente da falta de estudos específicos para saber sua real demanda, mas também do uso de sistemas de irrigação inadequados e desconectados com a ideia do seu uso racional. Assim como para nitrogênio, muitas são as pesquisas que exploram irrigação na cultura do milho (Martin *et al.*, 2012; Oliveira *et al.*, 2016), no entanto, não há estudos específicos para cultivo de milho-verde na condição de Cerrado, tampouco interagindo os fatores água e nitrogênio. Tem sido uma prática crescente a campo na cultura do milho e com alto potencial de racionalização de água a irrigação por gotejamento, uma alternativa que alia produção ao uso racional de água (Martins *et al.*, 2016).

Nascimento *et al.* (2017) avaliaram o efeito de diferentes lâminas de irrigação (25%, 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração) sobre os componentes de produção e de produtividade de milho-verde, híbrido duplo comercial AG-1051, nas condições edafoclimáticas de Teresina, Piauí. Observaram que a produtividade de espigas verdes despalhadas também aumentou pelo

acréscimo das lâminas de água, com uma adição 70,31 kg ha⁻¹ para espiga empalhada e de 45,19 kg ha⁻¹ para espiga despalhada para cada milímetro de água aplicada. O diâmetro de espiga com e sem palha, comprimento de espiga com e sem palha, número de grãos por espiga, número de grãos por fileira e índice de espiga apresentaram incrementos positivos com tendência linear crescente em razão da aplicação das lâminas de irrigação.

Campelo *et al.* (2019) avaliaram rendimento, eficiência do uso de água e de doses de nitrogênio, combinados com reposição hídrica necessária para elevar o solo à capacidade de campo, utilizando quatro lâminas de água (80, 90, 100 e 110% da evapotranspiração) e quatro doses de nitrogênio (0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹) em dois ciclos de cultivo de milho AG-1051 em solo Ultisol em Fortaleza, CE. Observaram que o suprimento adequado de água melhorou a eficiência do uso de nitrogênio pela planta, assim o aumento da profundidade da água concomitantemente com as doses promoveu aumento linear da altura de planta e do índice de área foliar. No primeiro ciclo, a produtividade máxima foi de 16.778,3 kg ha⁻¹, com profundidade 538,1 mm e dose de 180 kg ha⁻¹ N e eficiência do uso da água de 4,1 kg m⁻³ usando 432,7 mm e eficiência do uso de nitrogênio de 67,5 kg kg⁻¹. Já no segundo ciclo, a maior produtividade, foi correspondente a 17.819,5 kg ha⁻¹, foi obtida com a dose de 180 kg ha⁻¹ N e profundidade de 505 mm, eficiência do uso da água de 3,8 kg m⁻³ e do nitrogênio de 65,3 kg kg⁻¹.

Tendo em vista os estudos mencionados com o cultivo de milho, o genótipo AG-1051 configura-se como um dos principais materiais genéticos para utilização em produção de milho com finalidade colheita de espiga verde, sendo responsivo à adubação nitrogenada associada à irrigação, cujo desempenho produtivo é influenciado pelas condições edafoclimáticas de cada ambiente de cultivo.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio em cobertura na morfofisiologia e na produção de milho-verde cultivado nas condições do Cerrado.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é um dos mais antigos cereais cultivados de que se tem registro. Há registro arqueológico de cerca de 7.000 anos. Seu centro de origem é o vale de Tehuacan, no México. Entre as teorias de sua origem, acredita-se que o teosinte (*Zea mexicana Schrader Kuntze*) seja o progenitor selvagem do milho. Pertencente à família das poáceas, após sua domesticação, foi rapidamente disperso para todas as regiões do mundo, provando ser uma cultura altamente adaptável às mais diversas condições ambientais e de solo. Em razão da sua alta adaptabilidade e dos bons rendimentos agronômicos, tornou-se o cereal mais importante mundialmente (Hossain *et al.*, 2016).

A produção mundial do milho vem num crescendo desde a safra de 2000 com 591 milhões de toneladas para 1,076 bilhão de toneladas em 2017/2018, um aumento de mais de 80%. Com isso, alcançou o patamar de maior cultura agrícola do mundo, a única a ultrapassar a marca de um bilhão de toneladas, deixando para trás antigos concorrentes como arroz e trigo. Esse aumento é atribuído a uma mudança de visão de toda cadeia agrícola e industrial, que enxergava o milho como cultura de subsistência de pequenos agricultores (Contini *et al.*, 2019).

Antes empregado quase em sua totalidade na alimentação animal, nos últimos anos, por ser um insumo barato, passou a participar de mais de 3.500 tipos de usos, desde combustíveis, bebidas, polímeros, alimentação humana e outros, elevando-se ao patamar de cultura essencial na segurança alimentar no mundo (Langner *et al.*, 2019).

Embora os números sejam expressivos, a produtividade está muito aquém do seu potencial. Em algumas regiões dos estados brasileiros, como Mato Grosso, Goiás e Paraná e o cinturão do milho nos Estados Unidos, a produtividade ultrapassa 12 t ha⁻¹, enquanto a média mundial é de 5 t ha⁻¹ (IBGE, 2018).

Comparado com leguminosas como soja, o milho é pobre em proteína e rico em energia. No cenário atual, deixou de ser visto só como insumo para produção de ração animal e passou a figurar também como uma *commodity* exportável, além de se firmar em 2017-2018 como uma matriz energética na produção de etanol. Essa mudança no comportamento fez com que o Brasil ocupasse o lugar de 3º maior produtor de milho no mundo, com 7,5% (81,4 milhões de toneladas) da produção, atrás apenas dos Estados Unidos, com 34,5% (371 milhões de toneladas), seguido pela China, com 24,5% (263 milhões de toneladas) (CONAB, 2018).

A cultura é extremamente importante para a economia brasileira. Segundo IBGE (2018), a safra de 2017/2018 ocupou 16.538.551 ha, obtendo uma produção de 82.288.298 t, gerando um montante de R\$ 37 bilhões, contribuindo com 11% de toda produção agrícola do país, ocupando a 3ª posição, atrás apenas da soja e da cana-de-açúcar em produção.

2.2 Cultivar Agroceres 1051

O Agroceres 1051 é uma cultivar de milho lançada em 30/09/1998, data do registro nacional de cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura. Foi o primeiro material genético de milho com tripla aptidão: consumo de milho-verde, produção de grãos, produção de silagem. Tem boa resistência ao acamamento, sendo indicado para áreas de média a alta tecnologia, planta de porte alto, tipo de cariopse dentado amarelo (Pereira Filho, 2002).

O genótipo AG-1051 é um híbrido duplo, resultante do cruzamento entre dois híbridos simples. Foi rapidamente aceito pelos produtores, pois aliou aumento de produtividade (dada pela heterose) a custos de produção suficientemente baixos. Outra possível vantagem dos híbridos duplos é sua maior heterogeneidade (variabilidade genética), que resulta em maior estabilidade de comportamento (Fritsche-Neto & Môro, 2015).

Atualmente, a cultivar AG-1051 é a mais cultivada no Brasil para consumo verde em razão da sua procura no mercado *in natura*. Para Valentini & Shimoya (2008), a cultivar de milho-verde deve apresentar as seguintes características: grãos do tipo dentado (moles) e com pericarpo macio, sabugo branco, espigas grandes, grossas e uniformes, espigas bem empalhadas, que proporcionem melhor proteção dos grãos contra perdas de umidade e maior tempo de comercialização, ponto de pamonha prolongado, que possibilite maior tempo entre a colheita e o consumo, permitindo atender a demanda parceladamente, boa resistência ao murchamento.

Couto *et al.* (2017) avaliaram o desempenho agronômicos de 37 genótipos de milho para produção de milho-verde, silagem e grãos, entre variedades e híbridos, no município de Goianésia, Goiás. Identificaram que as melhores cultivares com características agronômicas adequadas para a cadeia produtiva de milho verde foram a HTMV1, AG-1051 e AL Piratininga, apresentando médias de peso total de espigas verdes empalhadas e despalhadas de 21.218 kg ha⁻¹ e 12.639 kg ha⁻¹, respectivamente.

Alves *et al.* (2004) avaliaram 20 genótipos de milho, entre eles, três híbridos triplos (AG-951, AG-4591, C-505), sete híbridos duplos (AG-519, AG-1051, Agromen 2012, XL 604, XL 655, XL 660, Pioneer 3232), quatro híbridos simples (AG 603, AG-7391, C 742, Dina 170), um híbrido intervarietal (CMS 50x28) e cinco variedades de polinização livre (BR 106, BR 112, BR 126,

Emgopa 501, CMS 39) quanto ao processamento de pamonha. O híbrido AG-1051 apresentou características desejáveis como alta produtividade, maior peso de espigas com palha e sem palha, baixa produção de quirela e ainda maior produção de massa, 4.733 kg ha^{-1} . Porém, em condições de armazenamento sob temperatura ambiente e refrigerado e processado após sete dias, o AG-1051 reduziu 44% e 46% a produção de massa, igualando-se à produção de massa dos híbridos simples C 742, Dina 170 e AG 603.

2.3 Fases fenológicas do milho

Durante o ciclo das plantas, elas passam por um conjunto de transformação denominada de desenvolvimento, que é uma sequência de eventos que deve ocorrer de forma precisa e ordenada na mudança de função e morfologia, resultando na produção de novas estruturas ao longo de seu ciclo, desde a germinação da semente, passando pela maturação, florescimento e senescência. Essas transformações são resultantes do crescimento, que é uma combinação de divisão e expansão celular gerando aumento irreversível em volume e ou em massa (Taiz & Zeiger, 2013).

As plantas normais de milho seguem um mesmo padrão de desenvolvimento, que pode variar entre diferentes híbridos, estações do ano, data de semeadura e condições ambientais. Ao longo do ciclo, ocorrem alterações morfológicas provocadas principalmente pelo ambiente e pelo intervalo entre o desenvolvimento das estruturas do estágio fenológico, que é dividido em vegetativo e reprodutivo. No vegetativo, conforme a planta de milho cresce, cada folha sucessiva é forçada para fora pelo alongamento do caule e pela expansão da folha, expondo a estrutura do “colar”, e cada nova folha totalmente expandida é entendida como um estágio de desenvolvimento (Ritchie *et al.*, 2003).

O sistema empregado de identificação dos estádios divide o desenvolvimento da planta (Fig. 1) em estádios vegetativos, designados numericamente como V1, V2, V3 até V(n), em que (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento (VT). A partir desse momento, são iniciados os estádios reprodutivos (R), ocorrendo o desenvolvimento da espiga de milho (Magalhães & Durães, 2006).

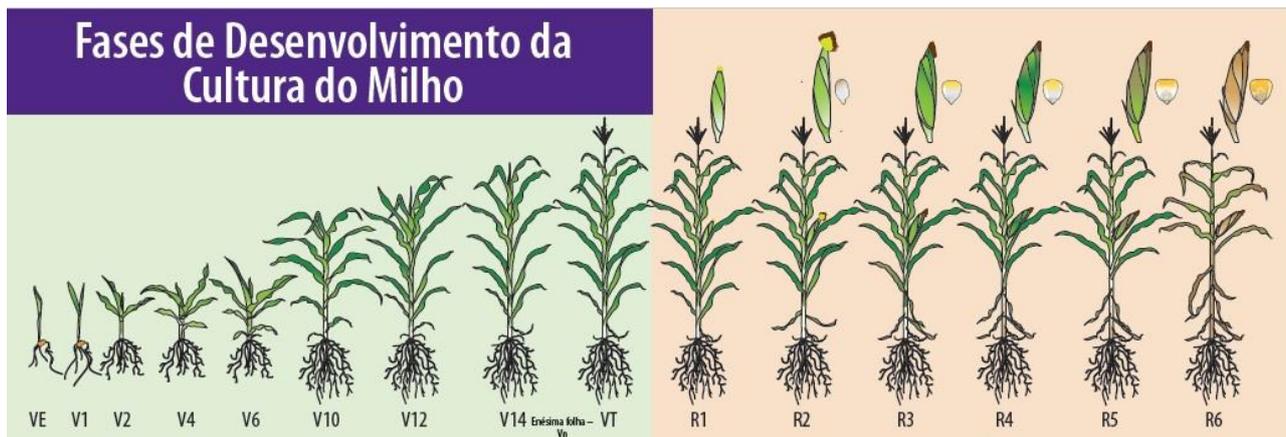


Figura 1. Fases de desenvolvimento do milho

Fonte: Ciampitti et al. (2016)

VE- A emergência ocorre quando as primeiras folhas, chamadas de coleótilos, aparecem acima da superfície do solo. A semente absorve água (aproximadamente 30% de seu peso) e oxigênio para germinação. A radícula emerge rapidamente próximo à ponta da semente, dependendo das condições de temperatura e umidade do solo. O coleótilo emerge do embrião da semente e é empurrado para a superfície do solo pela alongação do mesocótilo. O mesocótilo encontra-se anexo à plúmula que se abre ao mesmo tempo em que a estrutura atinge a superfície do solo.

V1- Primeira folha com colar visível (estrutura encontrada na base da folha) e ponta arredondada. A partir desse ponto até o florescimento (R1), os estádios vegetativos são definidos pela última folha desenvolvida com colar visível.

V2- Raízes nodais (adventícias) começam a crescer abaixo do solo e as raízes seminais (primeira raiz) começam a senescer.

V3- Três folhas desenvolvidas. Todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir estão sendo formadas no V3. Pode-se dizer, portanto, que o estabelecimento do número máximo de grãos ou a definição da produção potencial estão sendo definidos nesse estágio.

V4- As raízes nodais são dominantes, ocupando maior volume de solo em comparação com as raízes seminais. As folhas ainda se desenvolvem no meristema apical (ponto de crescimento da planta).

V6- Seis folhas com colar visível. A primeira folha com ponta arredondada apresenta-se em senescência, mas, mesmo assim, deve ser levada em consideração na contagem. Nesta fase, o ponto de crescimento emerge e se situa acima da superfície do solo. Todas as estruturas da planta já tiveram seu crescimento iniciado. Entre V6 e V10, é determinado o potencial do número de fileiras

por espiga. O número de fileiras por espiga pode ser afetado pelo potencial genético e pelos fatores ambientais, podendo esse número ser reduzido se a planta for submetida a condições de estresse ambiental.

V10 – Raízes aéreas começam a se desenvolver nos nós da planta, logo acima da superfície do solo. Até esse estágio, a taxa de desenvolvimento das folhas é de, aproximadamente, dois a três dias por folha. A planta de milho inicia um rápido e contínuo crescimento, com acumulação de nutrientes e peso seco, que continuarão até os estágios reprodutivos. Há uma grande demanda por suprimento de água e nutrientes para satisfazer as necessidades da planta.

V12 – Definição do tamanho da espiga, quando ocorre perda de duas a quatro folhas basais. Pode-se considerar que, nessa fase, é iniciado o período crítico para a produção, que se estende até a polinização. A planta atinge cerca de 85 a 90% da área foliar.

V14 - Rápido crescimento, aproximadamente duas semanas antes do florescimento. Nessa fase, o milho é altamente sensível ao estresse por altas temperaturas e seca. Mais quatro ou seis folhas devem se expandir a partir desse estágio até VT.

V15 – Esse estágio representa a continuação do período mais importante e crucial para o desenvolvimento da planta em termos de fixação do rendimento. Desse ponto em diante, um novo estágio foliar ocorre a cada um ou dois dias. Estilos-estigmas iniciam seu crescimento nas espigas.

V17 – As espigas atingem um crescimento tal que suas extremidades já são visíveis no caule, assim como a extremidade do pendão já pode também ser observada. Estresse de água ocorrendo no período de duas semanas antes até duas semanas após o florescimento vai causar grande redução na produção de grãos.

V18 – É possível observar que os “cabelos” ou estilos estigmas dos óvulos basais se alongam primeiramente em relação aos “cabelos” dos óvulos da extremidade da espiga. Raízes aéreas, oriundas dos nós acima do solo, estão em crescimento nesse estágio. Essas raízes contribuem para a absorção de água e nutrientes. Em V18, a planta do milho se encontra a uma semana do florescimento, e o desenvolvimento da espiga continua em ritmo acelerado.

VT- Pendoamento – são definidos o potencial de grãos por fileira na espiga e, conseqüentemente, o potencial do número final de grãos (com base no número de óvulos). Começa a ser definido o potencial do tamanho das espigas. O último ramo do pendão é visível no topo da planta. O estilo-

estigma (“cabelos”) do milho pode ou não ter aparecido nesta fase. A planta está próxima da sua altura máxima.

R1- Embonecamento e Polinização- O florescimento começa quando os “cabelos” se projetam para fora da palha, e os primeiros a emergir são responsáveis pela polinização dos grãos da base da espiga. Os “cabelos” se mantêm ativos até a polinização. O pólen vai do pendão até o “cabelo” do milho, fertilizando o óvulo e, assim, produzindo um embrião. O potencial do número dos grãos é determinado nesta fase. A altura máxima da planta é atingida neste estágio. Após a fertilização, a divisão celular começa a ocorrer dentro do embrião.

R2- Grão Bolha d’Água- O “cabelo” do milho escurece e começa a secar (aproximadamente 12 dias após R1). O grão se assemelha a uma bolha com coloração branca e fluida, transparente em seu interior. Nesta fase, o grão apresenta 85% de umidade, os embriões se desenvolvendo em cada grão. A divisão celular está completa. Inicia-se o enchimento do grão.

R3- Grão Leitoso- Os estilos estigmas do milho secam (aproximadamente 20 dias após R1). As pontas das brácteas ficam flexíveis ao tato. Nessa fase, é feita a colheita para consumo *in natura* na forma de grãos verdes, conhecido popularmente como milho-verde. O grão torna-se amarelado e um fluido semelhante ao leite pode ser extraído quando ele é esmagado com os dedos. Este fluido resulta do acúmulo de amido dentro do grão.

R4- Grão Pastoso- Pelo acúmulo de amido, o grão apresenta consistência pastosa (aproximadamente 26 a 30 dias após R1). Nesta fase, ocorre um rápido acúmulo de nutrientes e amido. O grão tem 70% de umidade e começa a se apresentar dentado no topo. O material extraído do grão apresenta consistência pastosa.

R5- Formação de Dente- A maior parte dos grãos estão dentados, a umidade do grão cai para 55% (38 a 42 dias após R1) e o conteúdo de amido aumenta.

R6- Maturidade Fisiológica- Uma camada preta é formada na base do grão, bloqueando o movimento de matéria seca e de nutriente da planta para os grãos (50 a 60 dias após R1). O grão atinge sua maior massa seca (30 a 35% de umidade), estando fisiologicamente maduro.

2.4 Importância da água para o milho

A interação de vários fatores abióticos influencia diretamente no desenvolvimento e crescimento das plantas, sendo o estresse hídrico o que produz o maior impacto negativo na produção de milho (Ertek & Kara, 2013).

Kuscu *et al.* (2013) avaliaram o efeito da reposição hídrica esgotada a 90 cm de profundidade na zona das raízes de milho utilizando sistema de gotejamento, aplicando lâminas de água (0, 25, 50, 75, 100 e 125% em relação ao tratamento de 100%) em cultivo do híbrido de milho Ada523 em Bursa, Turquia. O aumento da quantidade de água resultou em rendimentos maiores, uma vez que o déficit hídrico foi o principal limitador do rendimento. As produtividades no primeiro ciclo foram de 5.650 kg ha⁻¹ e de 16.340 kg ha⁻¹, utilizando lâminas de água de 0% e 125%, respectivamente; no segundo ciclo, as produtividades foram de 5.490 kg ha⁻¹ e de 16.730 kg ha⁻¹, aplicando lâminas de água de 0% e 125%, respectivamente.

Wang & Xing (2017) avaliaram o efeito de três lâminas de água (100, 150 e 200 mm) e três níveis de ureia (120, 180 e 240 kg ha⁻¹) no crescimento e produtividade do milho Liyu 18 no semiárido Shanxi, na China. O comprimento de espiga, peso espiga, peso de grãos por espiga, massa de 100 grãos e rendimento aumentaram com o aumento da aplicação de fertilizantes e da quantidade de irrigação assim como o rendimento de biomassa. O maior rendimento de grãos foi de 7.923,02 kg ha⁻¹, utilizando maior lâmina de água e maior dose. O maior rendimento de biomassa foi de 10.873 kg ha⁻¹ e a eficiência do uso de água foi de 7.054 kg .m⁻³ no tratamento 180 kg ha⁻¹ e 100 mm.

No cerrado, o período de estiagem coincide com elevadas temperaturas e baixa umidade do ar, condições que favorecem elevada perda de água do solo e das plantas para a atmosfera, denominada de evapotranspiração. Independentemente do estágio fenológico da planta, o déficit hídrico se reflete diretamente na produção final. Segundo Ertek & Kara (2013), a irrigação é uma prática necessária para assegurar o rendimento e a qualidade da cariopse, sendo necessários 268 litros de água para produzir um quilo de massa seca de milho.

Segundo Bergamaschi *et al.* (2006), em milho, quando a baixa disponibilidade de água coincide com período crítico, que vai da pré-floração ao início de enchimento do grão, toda capacidade produtiva é comprometida, pois é o período no qual os eventos reprodutivos ocorrem de forma mais rápida e é o momento em que a cultura apresenta maior sensibilidade à restrição hídrica em razão da ocorrência de processos fisiológicos ligados à formação do zigoto e ao enchimento da cariopse, simultaneamente a uma elevada taxa de transpiração, decorrente da máxima área foliar.

O déficit hídrico é uma das principais causas da redução de produtividade da cariopse e das espigas para consumo verde em regiões tropicais. Bergamaschi *et al.* (2004) observaram que o déficit hídrico quando ocorre no período reprodutivo e os componentes de produção mais afetados foram o número de grãos por espiga e o número espigas por planta.

A água desempenha função estratégica no processo de fotossíntese. Com a disponibilidade desse recurso no solo para as raízes, ocorre o processo de transpiração, causando o resfriamento das

folhas, ascensão da seiva e aumento na absorção de nutrientes. A perda de água para a atmosfera é necessária, pois, no sentido inverso e simultâneo, ocorre o influxo de CO₂ através dos estômatos para o processo fotossintético, sendo o movimento estomático o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas superiores (Silva *et al.*, 2010).

O maior interesse no movimento estomático se deve à regulação das trocas gasosas e, conseqüentemente, ao efeito sobre a fotossíntese e produtividade. Quando em estresse hídrico, a planta limita a abertura estomática para evitar a perda de água. A diminuição da abertura estomática prejudica a entrada de CO₂, e a baixa quantidade de CO₂ prejudica a produção de fotoassimilados pela fotossíntese. A diminuição da fotossíntese prejudica a produção de biomassa e, conseqüentemente, a produção de milho (Kerbaudy, 2017).

Valores elevados de concentração interna de CO₂ associados ao aumento na condutância estomática, indicam acréscimo na eficiência instantânea de carboxilação ocorrido em função da disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a RUBISCO. Deste modo, a eficiência instantânea de carboxilação depende da disponibilidade de CO₂ no mesófilo foliar, quantidade de luz, temperatura e da atividade enzimática para que haja fotossíntese. Se as concentrações de CO₂ intercelulares forem muito baixas, o influxo deste componente nas células do mesófilo é restringido, assim, a planta utiliza o CO₂ proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (Taiz *et al.*, 2017).

Silva *et al.* (2017) avaliaram o efeito da aplicação três lâminas de água (0%, 100% e 200% da ETo) e cinco doses de N (0%, 50%, 100%, 150% e 200% da dose recomendada), utilizando ureia no cultivo do milho AG-1051 em Latossolo no município de Arapiraca-AL. Observaram que o aumento da condutância estomática promoveu maiores taxas de fotossíntese líquida e transpiração utilizando a lâmina de 100%. Este resultado já era esperado visto que sob condições hídricas favoráveis ocorre menor resistência estomática e, conseqüentemente, maior aporte de dióxido de carbono para as reações de sua fixação.

Magalhães *et al.* (2012) avaliaram as modificações morfofisiológicas e morfoanatômicas e os atributos de produção de grãos nos híbridos DKB 390 (tolerante) BRS 1030 (sensível) em duas condições de cultivo (irrigado e estressado), a campo, em Latossolo, no município de Janaúba-MG. A maior condutância estomática foi encontrada nos tratamentos irrigados assim como maior relação Fv/Fm. Durante o estresse hídrico, as folhas dos dois híbridos murcharam, levando a um aumento da espessura do mesófilo e a uma maior proporção de aerênquima, assim como reduziu o peso de espigas e massa de 100 grãos.

O déficit hídrico, quando coincide com o período de maior demanda por água pela planta, que corresponde ao início da exposição dos órgãos reprodutivos até o enchimento da cariopse,

inicia uma série de eventos que se refletirão negativamente na produção final, como ressecamento do grão de pólen, quebra do sincronismo da antese, atrasando o aparecimento do estilos-estigmas, inviabilizando a eficiência da polinização, sendo notadas na lavoura plantas estéreis e redução do número de cariopse por espigas e espigas falhadas (Nascimento *et al.*, 2017).

Sabendo da importância da água para produção de milho, principalmente no período crítico da cultura, é necessário adotar medidas complementares como irrigação, se houver combinação do início do estágio reprodutivo com o déficit hídrico, mesmo em época do ano considerada de período chuvoso. Já nas demais épocas do ano, a prática de irrigação é indispensável, pois o aumento da produção agrícola está intimamente ligado à adoção de estratégia de uma irrigação eficiente que garanta um bom retorno do capital investido. Entre os inúmeros sistemas de irrigação disponíveis, busca-se um sistema de melhor retorno financeiro, que produza com maior eficiência com menor quantidade de água, já que este recurso visivelmente se mostra escasso em várias regiões produtivas e tem sido cada vez mais pautado nas discussões sobre produção de alimentos.

A irrigação por método localizado utilizando sistema de gotejamento é um dos métodos mais eficientes em termos aplicação de irrigação e fertirrigação, pois reduz perdas por evaporação do solo. Na China, nos últimos anos, a irrigação por gotejamento tem sido empregada na produção de milho em regiões subúmidas, como a planície do norte e nordeste do país. Esse sistema é aplicado de forma precisa em quantidade, melhorando a eficiência do uso de água e do nitrogênio em comparação com outros métodos de irrigação (Yang *et al.*, 2018).

O método de irrigação localizado é caracterizado por aplicar água próximo à zona radicular das plantas, em pequenas quantidades, com alta frequência de turno de rega variando de um a quatro dias, dependendo da textura do solo, da fase desenvolvimento da cultura, das condições climáticas e do projeto hidráulico. As principais vantagens desse método são possibilitar fazer adubação através de fertirrigação, aplicação de agrotóxicos, redução de problemas com doenças da parte aérea, pois evita molhar as folhas, adapta-se a diferentes tipos de textura do solo e topografia, economia de mão de obra, entre outras. Por se tratar de sistemas fixos, opera sob baixas pressões de serviço e, conseqüentemente, com menor conjunto motobomba e menor consumo de energia. Porém tem custo de implantação inicial elevado e necessidade de mão de obra qualificada para operar. O aumento da vida útil tem como principal limitação o entupimento de emissores, afetando significativamente a uniformidade de distribuição de água (Silva & Silva, 2005).

Estudos conduzidos durante uma década no estado do Kansas, EUA, por Lamm e Trooien (2003), concluíram que a utilização de irrigação por sistema de gotejamento na cultura do milho pode reduzir o consumo de água em 35% a 55% em comparação com a irrigação tradicional.

2.5 Importância da adubação nitrogenada para o milho

O nitrogênio é um nutriente imprescindível para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. É constituinte estrutural de moléculas de proteínas, enzimas, aminoácidos, ácidos nucleicos, entre outros. A absorção desse elemento é vital para o metabolismo, pois afeta diretamente o aumento da área foliar e, conseqüentemente, maior acúmulo de biomassa, o que resultará em maior produtividade (Araújo *et al.*, 2004).

Estudos utilizando nitrogênio apontam este elemento como um dos maiores responsáveis pelo aumento da produtividade e da proteína dos grãos de milho. Por outro lado, os mesmos estudos demonstram que sua dinâmica em ecossistemas agrícolas tem despertado crescente interesse de pesquisas por ser um elemento que sofre expressivas perdas quando mal manejado no solo (Yamada & Abdalla, 2000).

A deficiência de nitrogênio diminui significativamente a capacidade fotossintética, assimilação de CO₂ das folhas, levando a reduções nas taxas fotossintéticas saturadas de luz e no rendimento quântico fotossintético. A diminuição na capacidade de assimilação fotossintética de CO₂ está associada a reduções no conteúdo e na atividade Rubisco no ciclo de Calvin (JIN *et al.*, 2015).

Lu e Zhang (2000) avaliaram o efeito da deficiência de nitrogênio na máxima eficiência fotoquímica potencial do FSII (Fv/Fm) e notaram decréscimo na relação Fv/Fm em plantas deficientes em N, em razão, principalmente, da redução na Fm.

Segatto *et al.* (2017) avaliaram a relação entre a leitura do clorofilômetro, o rendimento dos híbridos simples de milho DEKALB 240 e DEKALB 290 e níveis de suprimento de nitrogênio (0%, 25%, 50%, 75% e 100% da dose recomendada), cultivados em Latossolo vermelho no município de Coronel Freitas, SC. Observaram incremento de rendimento de grãos até o suprimento de 75% da dose recomendada de N. Nessa dose, é possível aumentar o rendimento em aproximadamente 245,60% no híbrido DKB 240 e de 294,47% no híbrido DKB 290 em relação à testemunha. Adubação nitrogenada em cobertura correlaciona-se de forma positiva com o rendimento e a fixação da clorofila na planta de milho (69% e 94%) para os híbridos DKB 240 e DKB 290, respectivamente.

O parcelamento é um prática de grande relevância no manejo do nitrogênio. Busca-se aumentar sua eficiência, permitindo que as plantas tenham este nutriente absorvível no solo por mais tempo à medida que é requerido pela planta, uma vez que sua interação com o ambiente é muito rápida, principalmente com oferta de água, pois este elemento é altamente hidrossolúvel. Dependendo da fonte, ele pode causar contaminação dos cursos de água por nitrato, sendo

necessário o conhecimento para recomendação de adubação, tornando essencial seu manejo com menos perda (Vieira, 2017).

Um das práticas mais comuns para minimizar as perdas é o parcelamento do nitrogênio. Fernandes *et al.* (2017) avaliaram três formas de parcelamento de ureia em cobertura (total na semeadura, metade na semeadura mais metade 15 DAE, um terço na semeadura, um terço aos 15 DAE e um terço aos 30 dias DAE) e cinco doses de N (47.8; 95.6; 143.4; 191.2 e 239.1 kg ha⁻¹) no crescimento e produção do milho híbrido AG-1051. As doses e o parcelamento de nitrogênio influenciaram significativamente na altura da planta, diâmetro do colmo, altura de inserção da espiga e na fitomassa da parte aérea, promovendo incremento linear em função do suprimento de N. O comprimento de espiga e seu diâmetro responderam às doses de nitrogênio de forma linear positiva com a aplicação da maior dose. Quanto à produtividade de grãos, o maior rendimento, de 2.827,51 kg ha⁻¹, foi obtido aplicando 198.27 kg ha⁻¹, enquanto para produtividade de espigas, o máximo rendimento, de 3.467,11 kg ha⁻¹, foi conseguido aplicando 196.06 kg ha⁻¹.

Ferreira *et al.* (2010) avaliaram a resposta do híbrido AG-1051 adubado com seis doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹) usando sulfato de amônio parcelado em 50% no plantio e o restante em cobertura aos 30 DAE. A produtividade e massa de espiga (grão+ sabugo) respondeu ao aumento das doses N ajustado ao modelo quadrático na análise de regressão, tendo obtido produtividade máxima de 7,32 ton kg⁻¹ de grãos com a dose de 203,75 kg ha⁻¹ de N e 184g/espiga na dose de 150 kg ha⁻¹ N na produção de massa (grão+ sabugo). O comprimento máximo foi 15 cm com a dose de 150 kg ha⁻¹ N. O diâmetro da espiga não foi influenciado pelas doses de N.

A variação das fontes de oferta de nitrogênio para as plantas também contribui para a redução das perdas para o ambiente. Oliveira *et al.* (2016) avaliaram o efeito de três fontes (ureia revestida, ureia e sulfato de amônio) e cinco doses (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹) no cultivo do milho híbrido P3646H em condições de Cerrado em sistema de plantio convencional. Não houve influência das fontes nem de doses de nitrogênio no diâmetro do caule, inserção da espiga e espigas por planta. Observou-se efeito linear para diâmetro do caule, inserção da espiga e espigas por planta. A ureia revestida proporcionou maior diâmetro do caule, altura da inserção da espiga e espigas por planta. Em relação à produtividade de grãos, os resultados indicaram superioridade da ureia revestida e do sulfato de amônio em relação à ureia comum em todas as doses testadas.

Souza *et al.* (2015) avaliaram o efeito de quatro lâminas de irrigação (50 %, 75 %, 100 % e 125 % da ETC) e quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹), utilizando ureia no cultivo do híbrido de milho-doce Tropical Plus em duas épocas (inverno/primavera e verão/outono), em Latossolo, no Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul. As doses de nitrogênio

tiveram efeito linear positivo no rendimento de espigas no verão/outono. O milho doce apresentou melhores resultados quando irrigado com 125% da ETc na safra de inverno/primavera e 50% da ETc no verão/outono, que, por se tratar do período chuvoso, precisou de menos água de irrigação por considerar a água disponível no solo. Na safra inverno/primavera, a adubação nitrogenada não afetou a produção, enquanto no verão/outono, as doses de nitrogênio tiveram efeito linear positivo no rendimento de espigas, obtendo 20.400 kg ha⁻¹.

Feitas as adubações, independentemente da forma, o nitrogênio precisa ser transformado no solo para as formas iônicas NO₃⁻ e NH₄⁺ para as plantas poderem absorvê-lo. A passagem de nitrato e amônio através da membrana plasmática das células da epiderme e do córtex das raízes ocorre em desfavor de um gradiente eletroquímico em movimento simporte, com o custo de dois (H⁺) se for NO₃⁻, sendo estes próton obtidos do processo de fotossíntese na fase fotoquímica pela fotólise da molécula de água; se for NH₄⁺, a passagem para o interior celular ocorre via uniporte (Purcino *et al.*, 2000).

Em geral, as plantas absorvem nitrogênio através de duas formas distintas, ânion NO₃⁻ ou cátion NH₄⁺. O milho prefere os adubos nitrogenados hidrossolúveis: nos estádios iniciais de desenvolvimento, ele tende a aproveitar melhor o íon amônio (NH₄⁺), e nos estádios finais, o nitrato (NO₃⁻) (Duete *et al.*, 2009).

As plantas respondem à adubação com formas nítricas diferentes das amoniacais pela ótica da fisiologia. De acordo com Xu *et al.* (1992), ainda que o NH₄⁺ seja metabolicamente mais efetivo do que NO₃⁻, uma alta concentração de NH₄⁺, durante o estágio de plântulas, pode forçar a assimilação nitrogenada e criar um “estresse carbônico” por falta de C em relação aos íons NH₄⁺, prontos para serem assimilados para outros processos metabólicos. Logo, faz-se necessário trabalhar com um misto de formulações que disponibilizem NO₃⁻ e NH₄⁺, que contribuem melhor com o crescimento do milho, do que trabalhar com uma única forma de N.

Os adubos nitrogenados atualmente utilizados na agricultura têm três formas básicas: amida, amônio e nitrato. Amida é a ureia, cuja fórmula química é CO(NH₂)₂, produzida sinteticamente. A amida tem, aproximadamente, 45% de N, sendo atualmente a fonte de nitrogênio mais utilizada na agricultura. Quando feita adubação com ureia, a planta não absorve esse adubo, sendo necessário transformá-lo em NH₄⁺ (amônio) ou NO₃⁻ (nitrato). Depois de aplicada a ureia no solo, ela é ligeiramente hidrolisada pela ação da urease, formando NH₄⁺, segundo a reação simplificada CO(NH₂)₂ + 2 H₂O → 2 NH₄⁺ + CO₃²⁻ + OH⁻. Nesta reação, nota-se que, além da formação de NH₄⁺, há liberação de OH⁻, o que eleva o pH em torno do grânulo aplicado de ureia (Vieira, 2017).

Devido a seu dinamismo no sistema solo: planta: atmosfera, a partir da formação do NH₄⁺, este poderá tomar vários rumos, ser absorvido pelas plantas, imobilizado por microrganismos,

convertido a NO_3^- por meio da nitrificação ou adsorvido pelas cargas negativas dos coloides do solo ou ser transformado em NH_3 (amônia). As perdas de N variam de 25 a 30% do volume aplicado, podendo chegar a 70%, dependendo das condições de solo e clima (Cantarrella *et al.*, 2008).

A ureia é o fertilizante mais utilizado na agricultura por apresentar elevada concentração de nitrogênio, alta solubilidade e menor custo/unidade de nutriente (Calonego, 2012).

Depois de adicionado ao solo, a eficiência na utilização do N pela planta considera os aspectos de absorção e metabolização deste elemento, associados à atividade das enzimas nitrato redutase (NR) e glutamina sintetase (GS), que são as enzimas importantes pela seleção de cultivares eficientes na utilização de N, sendo que NR é a enzima mais importante no processo de redução de nitrato pelas plantas (Machado *et al.*, 2001).

A baixa atividade da NR é a principal limitação à absorção de N em plantas, e sua atividade depende principalmente da luz e do contínuo suprimento de nitrato através do xilema. Enquanto a GS é importante no processo de incorporação do N, pois catalisa a reação de incorporação do amônio ao glutamato, resultando em glutamina. Deste modo, a baixa atividade dessa enzima impede que as plantas expressem seu máximo potencial produtivo (Unno *et al.*, 2006).

Logo que absorvido, o N inorgânico precisa ser incorporado (ou assimilado) na forma orgânica para ser utilizado nos tecidos de crescimento (folhas em expansão, meristemas apicais) e armazenado em estruturas reprodutivas. A Figura 2 mostra uma representação esquemática da rota de assimilação do nitrogênio nas raízes e folhas de plantas. Ao entrar no citosol, o NO_3^- pode seguir três rotas: primeira rota, ser armazenado no vacúolo; segunda, ser transportado via xilema para parte aérea das plantas; e terceira rota, produção de aminoácidos.

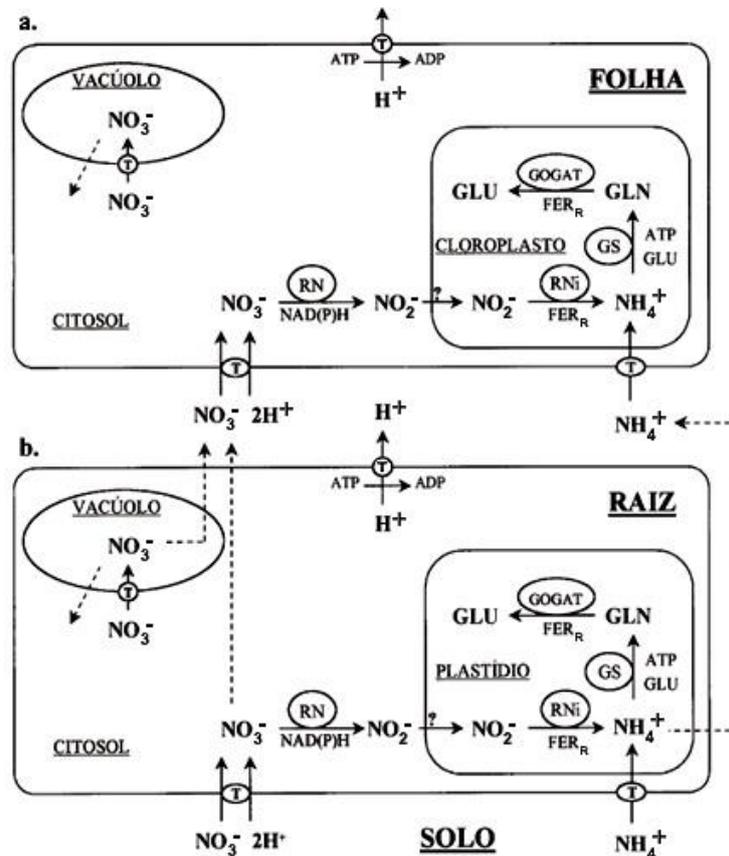


Figura 2. Representação esquemática da rota de assimilação do nitrogênio nas raízes (B) e folhas (A). (NO_3^- : nitrato; NO_2^- : nitrito; NH_4^+ : amônio; GLN : glutamina; GLU : glutamato; RN : redutase do nitrato; RNi : redutase do nitrito; GS : sintetase da glutamina; GOGAT : sintase do glutamato; T : transportador; FER_R : ferredoxina reduzida)

Fonte: Bredemeier & Mundstock (2000).

Na terceira rota, inicialmente, ocorre no citosol a redução do NO_3^- a nitrito (NO_2^-) com o uso de dois elétrons, transferidos das coenzimas NADPH ou NADH , catalisadas pela enzima redutase do nitrato (NR). Em seguida, o NO_2^- é transportado para os cloroplastos nos tecidos fotossintetizantes ou para os plastídeos nas raízes, sendo então reduzido a NH_4^+ pela enzima redutase do nitrito (NiR), com transferência de seis elétrons doados pela ferredoxina reduzida (Kerbaui, 2017).

A utilização de ureia em adubações após o processo de hidrólise pela ação da urease disponibiliza NH_4^+ , que já entra na célula na rota de produção de aminoácidos. Em seguida, a enzima GS incorpora o NH_4^+ ao glutamato com uso de ATP para formar glutamina (Bredemeier & Mundstock, 2000).

O aumento dos níveis de glutamina nos plastídios ou nos cloroplastos estimula a atividade da GOGAT (glutamina: 2-oxo-glutarato aminotransferase). Essa enzima é a responsável pela transferência do grupo amida da glutamina para o 2-oxo-glutarato, produzindo duas moléculas de glutamato (Campbell, 1999). A enzima GOGAT utiliza elétrons do NADH localizados nos

plastídios de tecidos não fotossintéticos. Uma vez assimilado em glutamina e glutamato, o N é incorporado em outros aminoácidos por reações de transaminação. As enzimas que catalisam tais reações são conhecidas como transaminases (Lea & Forde, 2007).

A principal rota de assimilação de NH_4^+ é pelo sistema GS/GOGAT, porém uma rota secundária alternativa utilizando a enzima GDH (glutamato desidrogenase) funciona simultaneamente com o sistema principal. A principal função da GDH é desaminar o glutamato, liberando NH_4^+ quando estiver pouco disponível. Em situação de elevadas concentração de amônio nos plastídios e nos cloroplastos, essa enzima atua incorporando NH_4^+ na molécula de oxoglutarato, formando glutamato (Gredemeier & Mundstock, 2000). A atividade da GHD costuma ser mais alta nos tecidos em senescência, remobilizando o N para tecidos em desenvolvimento, germinação e no desenvolvimento de plântulas, onde ocorre a hidrólise de reserva, quebrando proteínas e degradando em aminoácidos pelas enzimas proteolíticas, depois transferindo para glutamato via aminotrasferases, finalmente liberado como NH_4^+ pela GDH (Taiz *et al.*, 2017).

2 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de julho a outubro de 2018 em condições de campo no bioma Cerrado na região do Vale do São Patrício, microrregião de Ceres-GO. O experimento foi implantado no município de Santa Isabel-Goiás, situado nas coordenadas cartesianas S 15°20'41.31'' e O 49°22'41.31'' do quadrante 22L, altitude de 578m. O clima do local, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw clima de savana ou clima tropical de estações úmida e seca, ropical Sazonal, de inverno seco. A área está inserida na formação geológica denominada de complexo Barro Alto, tendo como material originário o produto de decomposição de rochas básicas com grande contribuição de material retrabalhado (EMBRAPA/CNPS, 1999). O relevo local é predominantemente plano a suavemente ondulado.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, disposto em parcelas subdivididas com dois fatores, sendo o primeiro fator correspondente às lâminas de água (125%, 100%, 75%, 50% da reposição hídrica da evapotranspiração) e o segundo fator, às doses nitrogênio de cobertura (0, 70, 140, 210 kg N ha⁻¹), com 4 repetições de cada tratamento.

O genótipo de milho utilizado foi o Agroceres 1051 e sua base genética é um híbrido duplo, planta de porte alto, tipo de cariopse dentado amarelo, ciclo médio de 85 dias e a densidade de semeadura adotada de 50.000 plantas ha⁻¹.

As unidades experimentais foram constituídas de seis linhas de semeadura com espaçamento de 0,60 m entre linhas e 3,8 m de comprimento. Foram consideradas áreas úteis para as avaliações as duas linhas centrais com 2 m em cada unidade experimental, descartando 0,9 m das frentes confrontantes das unidades experimentais entre os tratamentos e as demais linhas laterais como bordadura.

3.3 Preparo do solo e adubação

Foi adotado o sistema convencional de preparo do solo com a sequência de gradagem, subsolagem e gradagem. Foi confeccionado sulco de semeadura na profundidade de 0,1 m utilizando enxada. Posteriormente distribuiu-se o adubo de fundação. Em seguida, cobriu-se o adubo com uma camada de terra. A semeadura foi feita manualmente no dia 24/07/2018. A emergência se iniciou aos 6 dias após a semeadura com a emergência de mais de 50% das plântulas.

A adubação de fundação foi feita segundo a análise química de solo (Tabela 1) em concordância com as recomendações da comissão de fertilidade de solos de Goiás (1988), utilizando as doses de 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 110 kg ha⁻¹ de fósforo e 50 kg ha⁻¹ de potássio.

Tabela 1 - Análise química e de textura do solo

Em CaCl ₂	g dm ⁻³	-----cmol dm ⁻³ -----						---mg dm ⁻³ ---	%	mg dm ⁻³
pH	MO	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC	P	V	m
4,4	23,0	1,30	0,61	0,39	4,23	32,0	6,22	2,0	32,0	16
Textura (g kg ⁻¹)										
Areia			Silte				Argila			
435			140				425			

Fonte: Arquivo pessoal

A adubação de cobertura foi feita com adubo granulado ureia agrícola comum, particionando em duas vezes, sendo a metade da dose na primeira fase do estágio de desenvolvimento V4, quando as plantas apresentavam quatro folhas completamente expandidas; a outra metade da dose, na segunda cobertura no estágio V8 com as plantas apresentando oito folhas completamente expandidas. As adubações foram feitas manualmente, distribuindo o adubo formando uma linha contínua próxima das plantas, acompanhando a linha de semeadura.

3.4 Condução da cultura

O cultivo foi conduzido de acordo com as recomendações para lavouras comerciais, sendo utilizando somente controle químico quando necessário com base em vistorias diárias no experimento. Foram utilizadas aplicações de inseticidas e de fungicidas com ingredientes ativos registrados para a cultura.

No tratamento de sementes, foi utilizado o inseticida Cropstar[®] (Imidacloprido+Tiodicarbe) na dose de 350 mL/60000 sementes para manejo de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), lagarta elasm (*Elasmopalpus lignosellus*) e fungicida Derosal Plus[®] (carbendazim +tiram) na dose de 60 ml/60000 semente para manejo de podridão do colmo (*Fusarium moniliforme*), podridão-dos-grãos armazenados (*Aspergillus flavus*), helmintosporiose (*Helminthosporium maydis*) e olho-azul (*Penicillium oxalicum*).

O manejo em pós-emergência de plantas daninhas não foi necessário pela pouca presença dessas plantas no período vegetativo, assim como não foi feita nenhuma intervenção para controle de doenças, pois não foram observados sintomas de doenças. Foi necessária a aplicação dos inseticidas Connect[®] (imidacloprido + beta-ciflutrina) na dosagem de 1 L⁻¹ para manejo de percevejo barriga verde (*Dichelops melacanthus*) aos 15 DAE e inseticida Brilhante[®] (metomil) na dosagem de 0,6 L⁻¹ para manejo de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) aos 32 dias após a emergência (DAE).

3.5 Manejo da irrigação

No ambiente de cultivo, foram instalados um termo-higrômetro para monitoramento de temperatura e umidade, mínima e máxima, com leituras às 18 h 00 min. e às 07 h 00 min., e um pluviômetro para quantificar a precipitação (Fig. 3A) para temperatura e umidade (Fig. 3B).

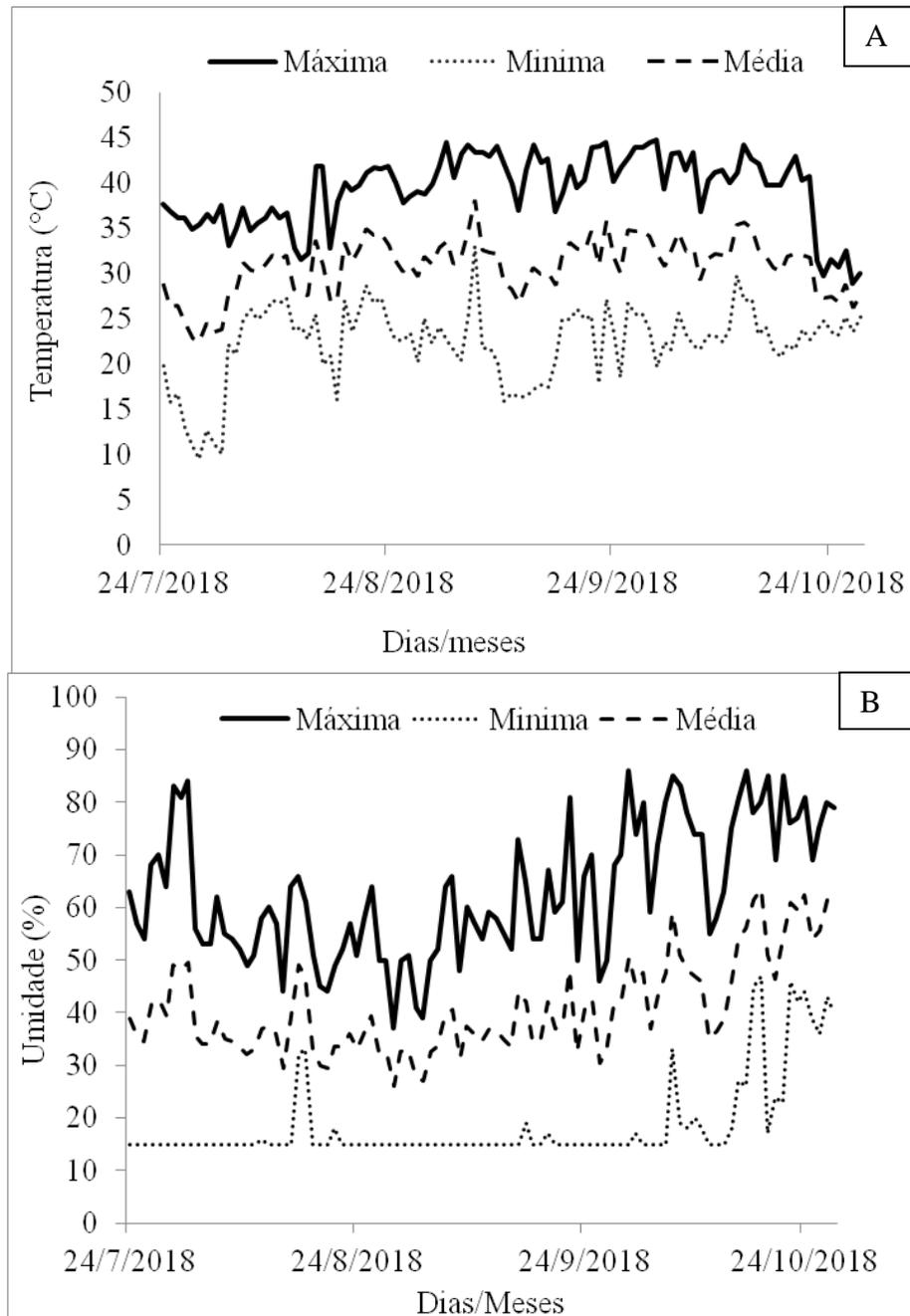


Figura 3 - (A) Valores de temperatura máxima, média e mínima no local do experimento. (B) valores de umidade máxima, média e mínima no local do experimento

Na área do experimento, foi instalado um pluviômetro para monitoramento da precipitação e da evaporação diárias (Fig. 4).

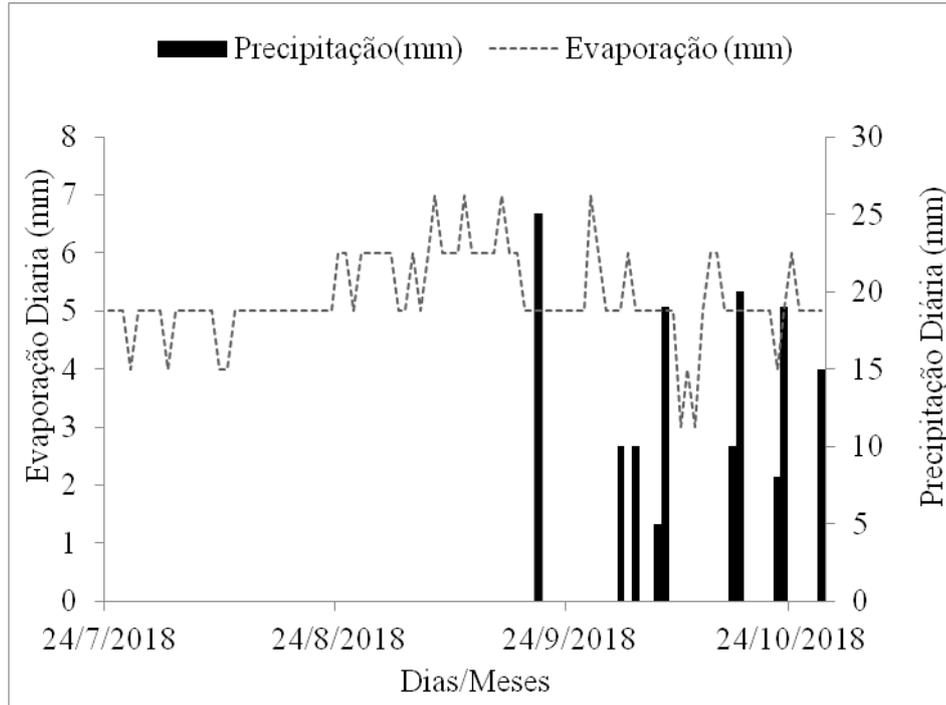


Figura 4 - Precipitação pluviométrica e leituras de evaporação do tanque classe A registradas durante o experimento

Em um tanque de evaporação de água, foram feitas leituras diariamente às 09 h 00 min., com o auxílio de uma régua graduada fixa na borda do tanque. As irrigações foram feitas com turno de rega fixo de três dias, de acordo com reposição hídrica da evaporação do tanque Classe A (Fig. 5).



Figura 5 -Tanque Classe A e abrigo para termo-higrômetro instalado no local do experimento.

A radiação fotossinteticamente ativa foi mensurada no dia da análise de trocas gasosas, tendo sido observada uma radiação de $1.291 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mensurada com *line quantum sensor* (LI-191, LI-COR Biosciences), ao meio dia, na altura do topo das plantas.

O método de irrigação utilizado foi o de gotejamento em linhas individuais instaladas próximo à linha de semeadura. A fita gotejadora utilizada foi da marca Irritec[®] tipo P1, apresentando emissores espaçados de 0,2 m e vazão de $1,5 \text{ L h}^{-1}$. Após a semeadura, foram instaladas as fitas gotejadoras e aplicada uma lâmina de irrigação de 8 mm para umedecer o solo para iniciar o processo de germinação (Pereira Filho, 2002).

O início do tratamento com as lâminas de água foi aos 17 (DAE). A diferenciação da reposição hídrica em relação à evapotranspiração da cultura foi estimada [Equação (1)]. Foi adotado o turno de irrigação fixo de três dias. A evapotranspiração de referência foi calculada pelo método do tanque classe A, com base nas leituras obtidas diariamente às 9 h 00 min.

Equação 1-

$$ET_c = ECA \times K_p \times K_c$$

Em que:

ET_c – Evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1});

ECA – Evaporação medida no Tanque (mm dia^{-1});

K_p – Coeficiente de Tanque Classe A, igual a 0,75; e

K_c – Coeficiente de cultivo.

A lâmina bruta (LB) aplicada na cultura foi calculada [Equação (2)], considerando a eficiência do sistema de gotejamento de 91,3%, obtido por teste de campo utilizando a metodologia de Christiansen (1942) [Equação (3)], feito no sistema três dias antes de iniciar os tratamentos de diferenciação de lâminas.

Equação 2:

$$LB(\text{mm}) = (ET_o \times K_c) / \text{eficiência}$$

Equação 3:

$$CUD = q_n / q_a \times 100;$$

CUD – Coeficiente de uniformidade de distribuição;

q_n – vazão média das 25% menores descargas dos emissores L h^{-1} ; e

q_a – vazão média L h^{-1} .

O coeficiente de cultura (k_c) adotado para os cálculos de lâmina de água foi considerando que a cultura será colhida no estágio de milho verde ou de grão leitoso ou pastoso, que corresponde até a fase III, valores utilizados de acordo com Albuquerque (2010) (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de K_c para cultura do milho

Fases	I	II	III	IV
Duração das Fases em Dias	23	29	37	11
K_c	0,30-0,50	0,80-0,85	1,05-1,20	0,80-0,95

3.6 Variáveis analisadas

As variáveis fisiológicas (fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e fluorescência) foram avaliadas aos 48 e 49 DAE, durante o período vegetativo. Essas avaliações foram feitas entre 8 h 00 min. e 11 h 00 min. em quatro plantas escolhidas ao acaso, em cada unidade experimental, utilizando o analisador de gases infravermelho, modelo LI-COR 6400XTR (Licor[®], Nebraska, EUA), ajustado para temperatura constante da câmara em 24°C, com fonte de iluminação com luzes LED provendo 1000 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em 6 cm^2 de folha, na região mediana, excetuando a nervura. Os dados foram extraídos após a estabilização das variáveis em análise. A análise de fluorescência foi feita utilizando o fluorômetro modelo Hansatech PEA MK2, Kings Lynn, England, em 4 folhas maduras completamente expandidas do segundo nó, da base para o ápice da planta de plantas escolhidas ao acaso, que não estivessem sombreadas. As folhas foram aclimatadas durante 20 minutos no escuro e depois saturadas com luz actínica de 3000 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

As análises morfométricas na planta ocorreram aos 91 DAE, escolhendo 10 plantas ao acaso disponíveis dentro da área útil, que foram analisadas quanto ao diâmetro do colmo (DC), altura da planta (AP), comprimento da folha de inserção da espiga (CFE), largura da folha da espiga (LFE) e o comprimento do pendão (CP), utilizando uma fita métrica e paquímetro. Também foram contados o número de folhas (NF) e o número de ramificação secundária do pendão (NRSP). As 10 plantas analisadas foram picadas em pequenos fragmentos e pesadas em balança digital, com capacidade 40 kg, modelo B1-C07 Ideamart[®], obtendo massa verde de planta sem espiga (MVPSE). A área foliar (AF) foi mensurada em três plantas de cada unidade experimental em todas as folhas destas plantas, destacando a bainha e o limbo do caule com um corte. Ao fazer as leituras, segurava-se a bainha como suporte para permitir que todo o limbo passasse sobre o sensor de leitura do medidor de área foliar portátil, modelo CI-203, CID Bioscience[®].

Foi feita a colheita das espigas primárias das 10 plantas utilizadas anteriormente nas análises morfométricas. Estas plantas apresentavam os estilos estigmas secos e as pontas das brácteas flexíveis ao tato, coincidindo com o estágio R3, apresentando grãos pastosos. Foi feita pesagem individual das espigas em balança digital, obtendo o peso da espiga com palha (PECP).

Com auxílio de uma régua graduada, foram mensurados o comprimento da espiga com palha (CECP) e o comprimento da espiga sem palha (CESP) e determinados com um paquímetro o diâmetro da espiga com palha (DECP), o diâmetro da espiga sem palha (DESP) no terço médio da espiga. Por fim, foi contado o número de cariopse, por fileira (NCF). Em seguida, as espigas foram raladas em uma bandeja e pesada a massa para obter a massa fresca da cariopse (MFC).

3.7 Tratamento estatístico

De posse dos dados, eles foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade, com posterior ajuste de regressão para dados quantitativos isolados, utilizando o programa estatístico Sistema de Análise de Variância (SISVAR). Para a escolha do modelo de regressão, foi adotado o critério de maior coeficiente de determinação (R^2). Quando houve interações em parâmetros quantitativos, a análise foi baseada em superfície de resposta.

3 RESULTADOS

A Tabela 3 mostra o resumo geral da análise de variância das variáveis fisiológicas, morfológicas e de produção. O número de folhas (NF), o comprimento do pendão (CP), a área foliar (AF), a altura da planta (AP), o comprimento da folha de inserção da espiga (CFE), a largura da folha de inserção da espiga (LFE) e a massa fresca da cariopse (MFC) mostraram ser dependente da interação lâminas de água e doses de nitrogênio. Enquanto a ação pareada (interação de dois fatores) não alterou a fisiologia da planta em fotossíntese líquida (A), a condutância estomática (gs), a transpiração (E) e a eficiência quântica potencial do fotossistema II (Fv/Fm). Já o comprimento de espiga com palha (CECP) e o número de ramificação secundária do pendão (NRSP) diferiram apenas entre as doses de nitrogênio. O comprimento de espiga sem palha (CESP), o diâmetro de espiga com palha (DECP), o diâmetro de espiga sem palha (DESP), o número de cariopse por fileira (NCF), o peso de espiga com palha (PECP), o diâmetro do colmo (DC) e a massa verde de planta sem espiga (MVPSE) não foram influenciados pela interação lâminas de água e doses de nitrogênio, apenas produziram efeitos isolados para ambos os fatores.

Tabela 3 - Resultados gerais da análise de variância das variáveis fisiológicas, morfológicas e de produção

Fase de desenvolvimento	Variável	Teste F		
		Lâmina (L)	Dose (D)	Interação (L * D)
Vegetativo	A	NS	NS	NS
	E	NS	NS	NS
	Fv/Fm	NS	NS	NS
	gs	NS	NS	NS
Reprodutivo	NF	NS	*	*
	CP	*	NS	*
	AF	*	*	*
	AP	NS	*	*
	CFE	*	*	*
	LFE	*	*	*
	MFC	*	*	*
	CECP	NS	*	NS
	NRSP	NS	*	NS
	CESP	*	*	NS
	DECP	*	*	NS
	DESP	*	*	NS
	NCF	*	*	NS
	PECP	*	*	NS
	DC	*	*	NS
MVPSE	*	*	NS	

A Figura 6 mostra os resultados da interação entre doses e lâminas obtidos pela análise de superfície de resposta para AF, NF, CFE e LFE. Na dose 0, foi necessária uma lâmina acima de 100% para obter a maior área foliar (Fig. 6A), enquanto, à medida que houve aumento na dose de nitrogênio, ocorreu diminuição da necessidade de aplicação da lâmina de água para obter a maior área foliar, efeito esse mais expressivo na dose de 210 kg N ha⁻¹. Na Figura 6B, observa-se que, especialmente sob lâmina de água 100%, à medida que havia aumento na dose de N, havia aumento no NF. O comprimento (Fig. 6C) e a largura (Fig. 6D) da folha da espiga foram influenciados tanto pela lâmina de água quanto pela dose de N, ocorrendo aumento tanto na menor dose de N com a maior lâmina de água, quanto na maior dose de N com 75% de reposição de água.

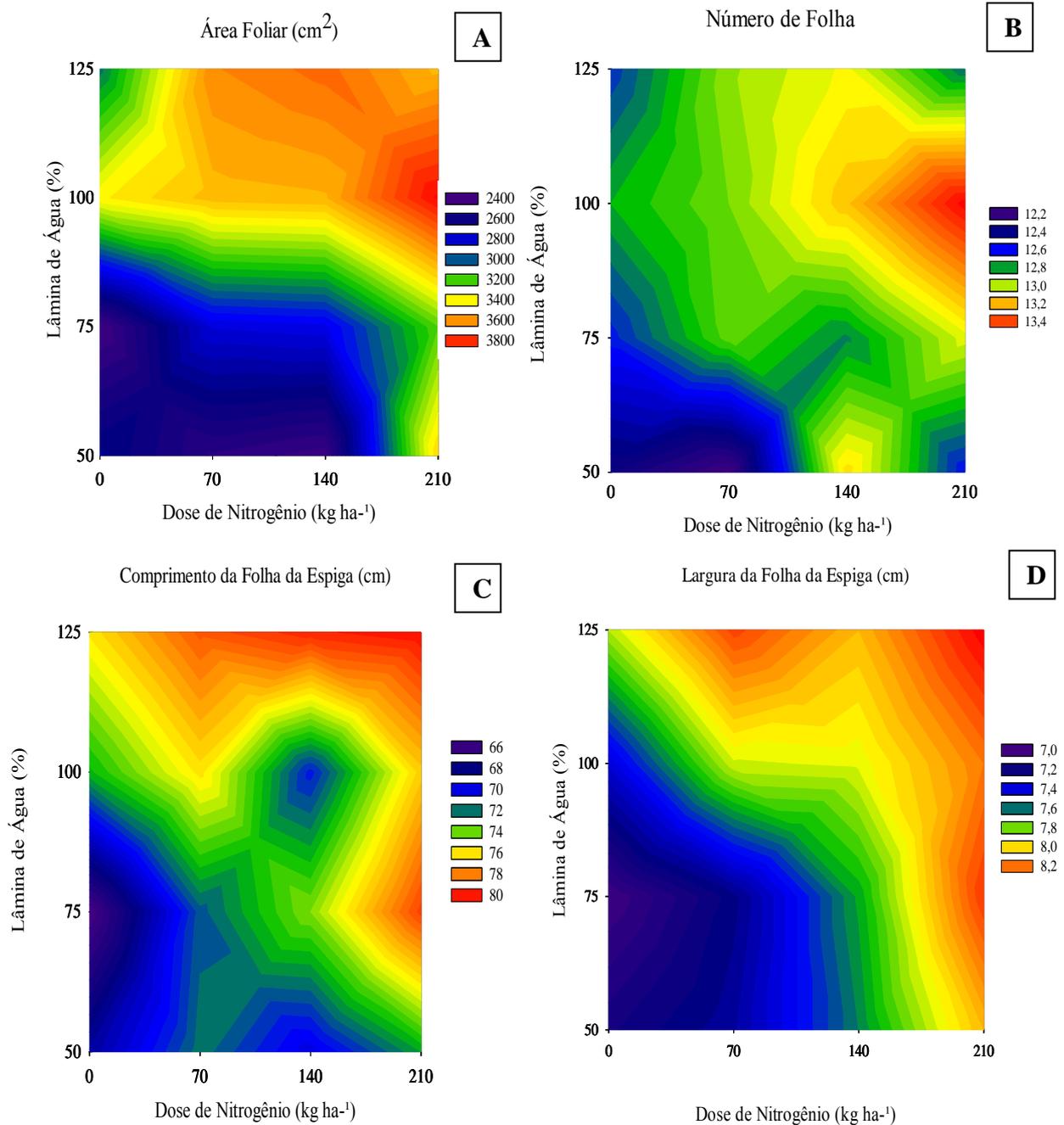


Figura 6 - Superfície de resposta das análises morfométricas nas plantas submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio. A- Área foliar (AF); B- Número de folhas (NF); C- Comprimento da folha da espiga (CFE) e D-Largura da folha da espiga (LFE)

No presente experimento, observou-se correlação significativa entre área foliar e os parâmetros de produção peso da espiga com palha (PECP) e sem palha (PESP) e número de cariopses por fileira (NCF) (Tabela 4). Embora não tenha sido observada correlação direta entre área foliar e massa fresca da cariopse (MFC), este fator também é diretamente correlacionado ao PECP, PESP e NCF.

Tabela 4 - Correlação entre área foliar e parâmetros de produção

	Área Foliar	PESP	PECP	NCF	MFC
Área Foliar	1				
PESP	0,900*	1			
PECP	0,903*	0,988*	1		
NCF	0,774*	0,965*	0,950*	1	
MFC	0,687 ns	0,862*	0,891*	0,931*	1

ns: não significativo e*: significativo a ($p < 0,05$) pelo Teste F.

A Figura 7 mostra as análises isoladas em função da lâmina para peso de espiga com palha, comprimento de espiga sem palha, diâmetro de espiga com e sem palha, número de cariopses por fileira, tendo todas as variáveis se ajustado ao modelo de resposta quadrática. Ao resolver a equação do PECP (Fig. 7A), a maior produtividade obtida, de 18.215,34 kg ha⁻¹, ocorreu quando se aplicou a lâmina de 125%, assim como o maior CESP (Fig. 7B), de 13,90 cm, ocorreu aplicando a mesma lâmina. O maior diâmetro de espiga com palha DECP (Fig. 7C) foi obtido com a lâmina de 100%, enquanto o maior diâmetro de espiga sem palha o DESP (Figura 7B) ocorreu aplicando a lâmina de 75%. A Figura 7D mostra que o maior número de cariopses por fileira (NCF) foi de 33,35, aplicando a lâmina de água de 125%.

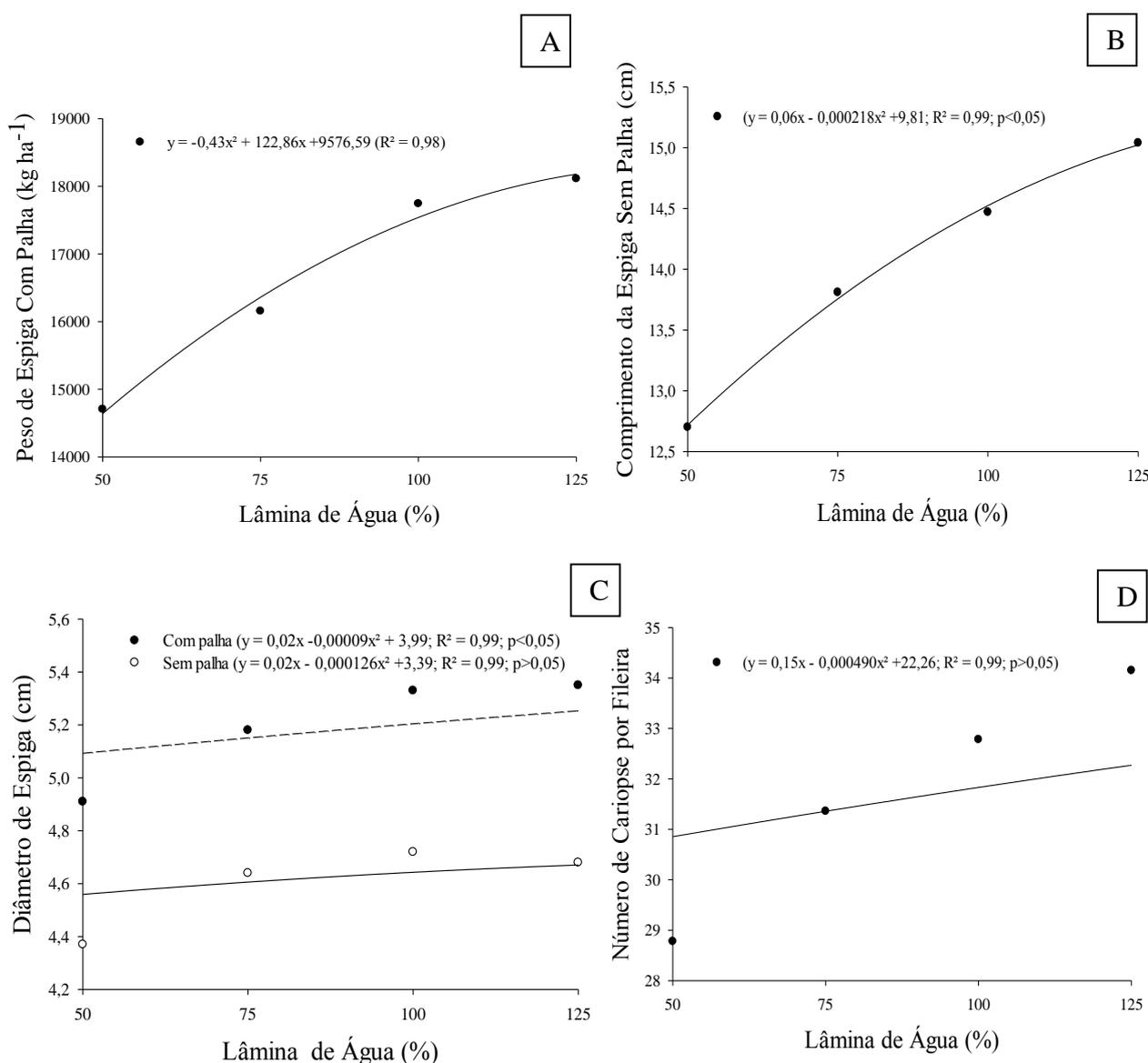


Figura 7 - Resposta das análises morfométricas nas espigas de milho-verde submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio. A- Peso de espiga com palha (PECP); B- Comprimento de espiga sem palha (CESP); C- Diâmetro de espiga com e sem palha (DECS) e D-Número de cariopse por fileira (NCF).

A Figura 8 mostra a análise isolada em função das doses de N para peso de espiga com palha, comprimento de espiga com e sem palha, diâmetro de espiga com e sem palha, número de cariopse por fileira, tendo todas as variáveis se ajustado ao modelo de resposta quadrática. Ao resolver a equação de peso de espiga com palha (PECP) (Fig. 8A), obteve-se a maior produtividade, $18.695,6 \text{ kg ha}^{-1}$, adubando com a dose de 210 kg ha^{-1} de N, assim como os maiores comprimentos de espiga com e sem palha (CECSP) (Fig. 8B) foram de $27,57 \text{ cm}$ e $15,11 \text{ cm}$, respectivamente, quando aplicada a dose máxima de nitrogênio. O mesmo comportamento foi observado para diâmetro de espiga com palha (DECP) (Figura 8C), com valor de $5,55 \text{ cm}$, enquanto o maior

diâmetro de espiga sem palha (DESP) (Fig. 8C) foi obtido com a dose de 140 kg ha⁻¹. A maior quantidade de número de cariopses por fileira (NCF), 32,85, foi obtida com 210 kg ha⁻¹ de N.

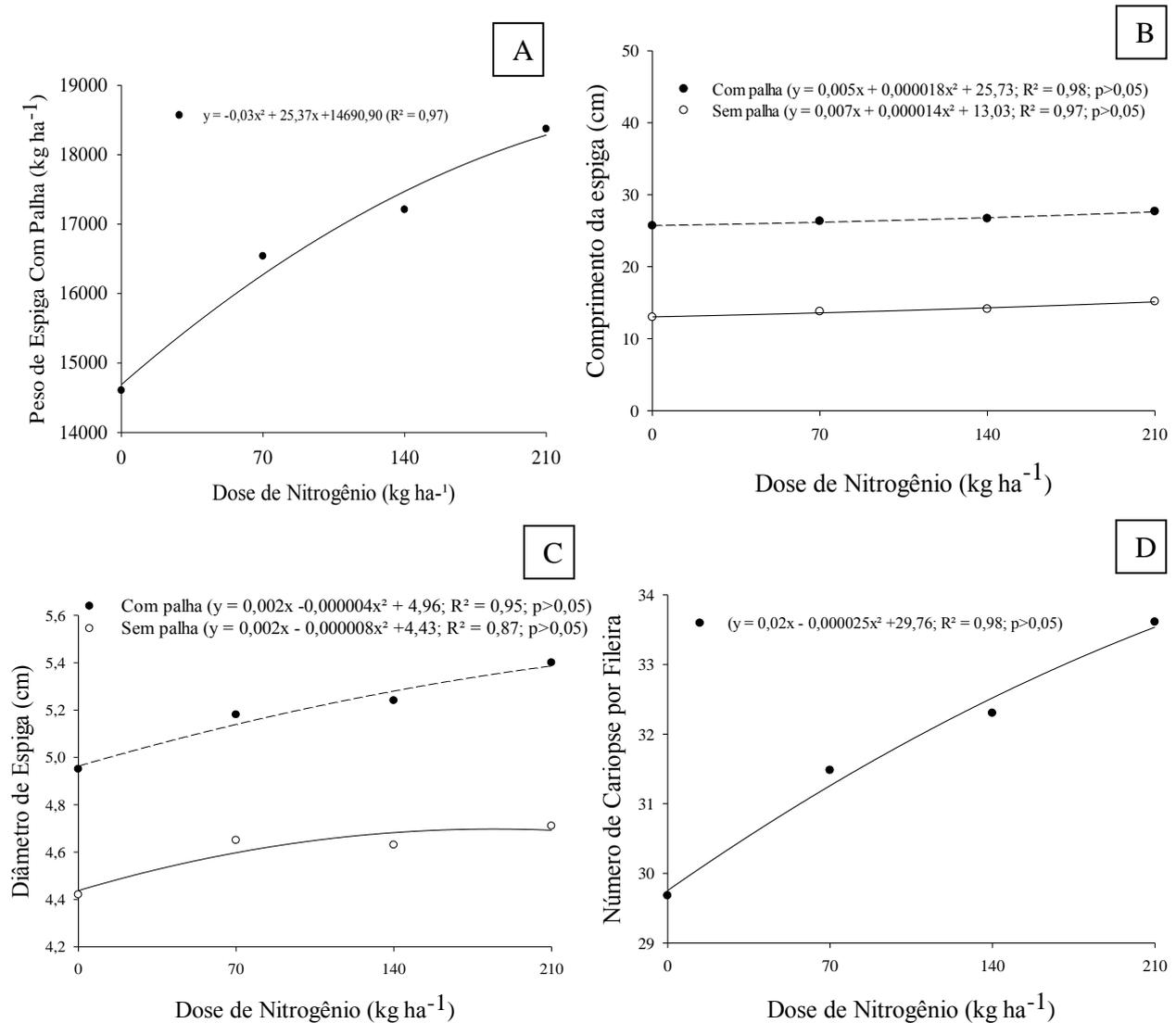


Figura 8 - Resposta das análises morfométricas nas espigas de milho-verde submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio. A- Peso de espiga com palha (PECP); B- Comprimento de espiga com e sem palha (CECSP); C- Diâmetro de espiga com e sem palha (DECS) e D-Número de cariopse por fileira (NCF).

Na Figura 9, observa-se que, especialmente, sob dose de 70 kg ha⁻¹, à medida que havia aumento na dose de N, ocorria aumento da massa fresca da cariopse, aplicando lâmina de 125%. Enquanto à medida que houve aumento na dose de nitrogênio, ocorreu diminuição da necessidade de aplicação da lâmina para obter o maior peso de massa fresca da cariopse, efeito esse mais expressivo na dose de 210 Kg N ha⁻¹ e lâmina de 75%.

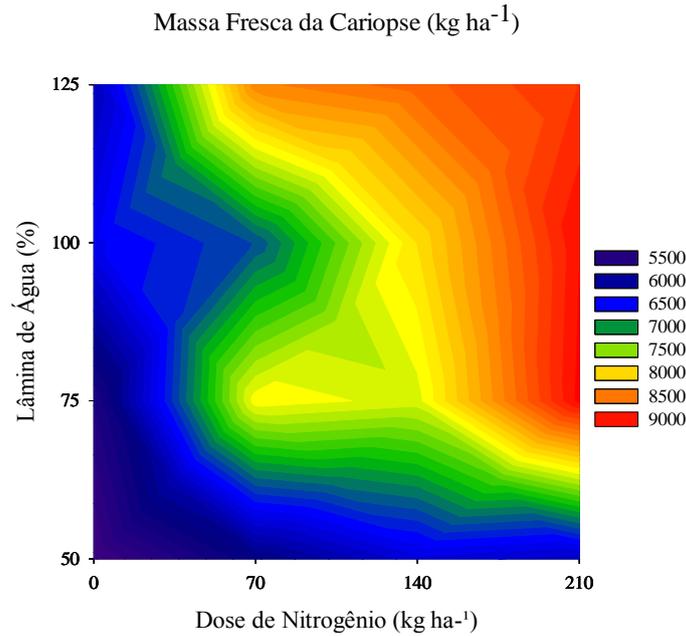


Figura 9 - Superfície de resposta da massa fresca da cariopse (MFC) de milho-verde submetido a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio

As doses de N não influenciaram no comprimento do pendão (CP) (Fig. 10A). O maior comprimento foi observado com a lâmina mínima acima de 100%, mesmo sem aplicação de N ao solo. E o maior número de ramificação secundária do pendão (NRSP) 10,21 (Fig. 10B) foi obtido utilizando a dose 210 kg N ha⁻¹.

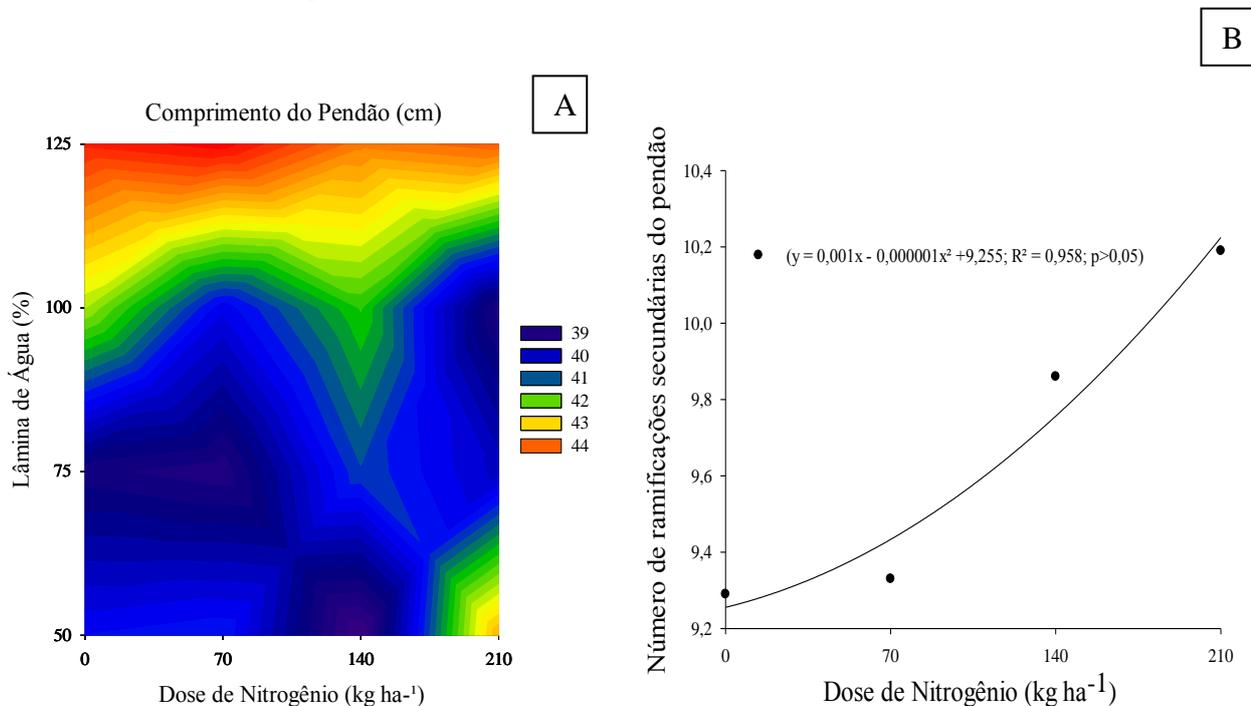


Figura 10 - Superfície de resposta, A- Comprimento do pendão (CP) e resposta, B- Número de ramificação secundária do pendão (NRSP) de milho-verde submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio.

A Figura 11A mostra que as maiores alturas de planta foram obtidas quando da combinação da aplicação de lâminas acima de 100% e dose de até 140 kg ha⁻¹ ou dose de 210 kg ha⁻¹ com lâminas de 75 a 100%. O maior diâmetro do colmo (DC) (Fig. 11B:C), 11,72 cm, foi obtido utilizando a dose de 210 kg ha⁻¹ N e lâmina de 125%. A maior produção de massa verde sem espiga (MVPSE), 6.844,1 kg ha⁻¹, Figura 11D, foi obtida adubando com a dose de 210 kg ha⁻¹ N ou aplicando a lâmina de-125% para obter 6.989,25 kg ha⁻¹ (Fig. E).

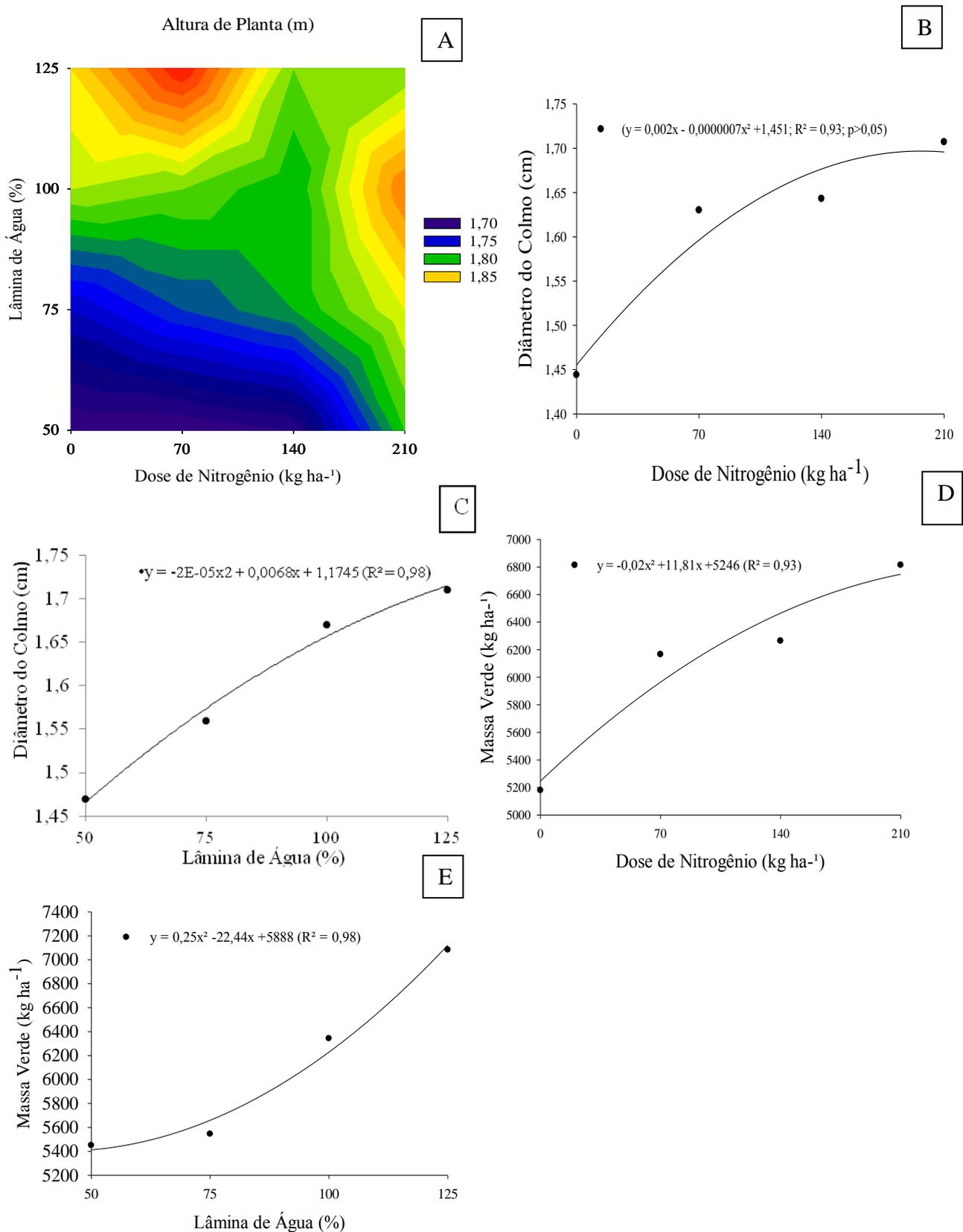


Figura 11 - Superfície de resposta, A- Altura de planta (AP) e resposta, B:C- Diâmetro do colmo (DC); D:E- Massa verde de planta sem espiga (MVPSE) de milho-verde submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio.

4 DISCUSSÃO

A produção vegetal é diretamente dependente da fotossíntese líquida das plantas. O acúmulo de fotoassimilados é produto direto do processo carboxilativo, que, por sua vez, depende de fatores e condições que favoreçam satisfatória interação da planta com o ambiente. Em se tratando de fotossíntese, uma interação favorável permite a absorção de luz e de CO₂ pelas plantas (Portes & Melo, 2014; Stewart *et al.*, 2003). Estes fatores podem ser limitados tanto pela disponibilidade hídrica do solo quanto pela disponibilidade de nitrogênio (N) (Liu *et al.*, 2018; Perdomo *et al.*, 2016). A Água e o N, na condição deste experimento, não foram limitantes à fotossíntese, não se observando efeito dos tratamentos nem sobre o potencial fotoquímico do fotossistema II (Fv/Fm) nem sobre a fotossíntese líquida efetiva, assim como também não foram observadas variações entre tratamentos quanto à condutância estomática e quanto à taxa de transpiração (Tabela 3). Considerando a matéria orgânica já presente no solo (Tabela 1), o que implica contínua disponibilidade de nitrogênio, mesmo no tratamento que não recebeu adubação, e também que a reposição hídrica foi iniciada já a partir de 50% da evapotranspiração (EVT), deduz-se que estes fatores não foram suficientemente limitantes a ponto de prejudicar as trocas gasosas. Sabe-se que as trocas gasosas sofrem pouca influência de N (Tóth *et al.*, 2002) e da água (Farquhar & Sharkey, 1982) presente no solo a partir de um limiar de disponibilidade.

A taxa fotossintética é mensurada em uma área específica da folha e, desta forma, mesmo que a fotossíntese não difira entre tratamentos, a produção de fotoassimilados pode ser diferente se a área fotossintetizante total da planta for alterada em função do tratamento. Vários são os estudos que relacionam aumento de área foliar a aumento de fotoassimilados e, como consequência, de produção em milho (Kross *et al.*, 2015; Sangoi *et al.*, 2007). A importância da área foliar em relação à produção agrícola tem sido mencionada até mesmo como fator estratégico na agricultura para garantia alimentar frente às mudanças climáticas (Shrinivasan *et al.*, 2017).

Embora não tenha sido observada alteração em fotossíntese líquida entre os tratamentos avaliados, houve alteração na área foliar (AF) (Tabela 1; Fig. 6A) e também no número de folhas (NF) (Tabela 1; Fig. 6-B). À medida que havia aumento na dose de nitrogênio e na lâmina de água até a reposição de 100% da EVT, ocorria aumento na área foliar e no número de folhas. Ambos os parâmetros decresceram quando o nível de reposição de água foi elevado para 125% da EVT. Entre as doses de 70 e 140 kg N ha⁻¹, o aumento no comprimento (CFE) (Fig. 6C) e na largura da folha da espiga (LFE) (Fig. 6D) dependia de uma a reposição hídrica superior a 100% da EVT, enquanto a dose de nitrogênio de 210 Kg ha⁻¹ promoveu aumento no comprimento e largura destas folhas mesmo sob reposição de 75% da EVT. Considerando que o aumento em comprimento e largura da

folha na maior lâmina de água e maior dose de N não resultou em maior área foliar, o maior número de folhas é fator mais importante ao aumento da área foliar em 100% da EVT.

Aumento na área foliar em função de maior disponibilidade de água já era esperado visto que se trata do elemento mais abundante no corpo das plantas e do qual depende todo o metabolismo. A alongação celular que permite expansão foliar dependente de disponibilidade de água tem sido objeto de estudo em milho há muitos anos (Hsiao *et al.*, 1970) se estendendo até os dias atuais (Jain *et al.*, 2019). Da mesma forma, o aumento de área foliar em função da disponibilidade de nitrogênio também já era esperado, uma vez que se trata do nutriente mineral mais limitante ao crescimento das plantas por ser integrante de moléculas-chave do metabolismo, assim como em moléculas muito abundantes no corpo vegetal (Leghari *et al.*, 2016), como também promove aumento na durabilidade da área fotossinteticamente ativa (Imran *et al.*, 2015; Jasemi *et al.*, 2013). O aumento da área foliar assim como da durabilidade da área fotossinteticamente ativa, por sua vez, pode promover aumento de produção como resultado do aumento de fotoassimilados produzidos.

Considerando que a comercialização de milho verde pode ocorrer tanto por peso da espiga com ou sem palha ou ainda por peso ou volume de cariopses, fica evidente a importância da maior área foliar influenciando positivamente o aumento de produção. Quando o objetivo é comercializar espiga verde, estabeleceu-se que o padrão comercial deve atender os critérios de comprimento maior que 15 cm, diâmetro maior que 3 cm e espigas isentas de pragas e doenças (Albuquerque *et al.*, 2008).

A sutil redução na área foliar em plantas do tratamento de 125% de reposição de água em relação ao de 100% não interferiu nos parâmetros de produção, visto ter ocorrido aumento progressivo até a lâmina de 125% no PECP (Fig. 7A) no comprimento da espiga sem palha (CESP) (Fig. 7B), no diâmetro da espiga com palha (DECP) (Fig. 7C) e no número de cariopses por fileira (NCF) (Fig. 7D). Na comercialização de milho verde, o volume da espiga, tendo como indicadores o comprimento e o diâmetro, também pode ser fator decisivo na elevação do valor do produto, e somado ao fato que os outros parâmetros de produção não sofreram redução, pode-se considerar que a lâmina de 125% de reposição de água favorece o aumento de produção do genótipo estudado nas condições edafoclimáticas do experimento.

Em condições edafoclimáticas do Piauí, a cultivar AG1051 para milho-verde também teve melhor desempenho produtivo quando cultivada em ambiente com reposição de 125% da EVT (Nascimento *et al.*, 2015), assim como melhor desempenho produtivo quanto ao diâmetro da espiga e número de grãos quando cultivada sob irrigação com lâmina de 340,57 mm, a máxima utilizada no experimento (Nascimento *et al.*, 2017). Embora a cultivar em estudo tenha tido desempenho

produtivo parecido frente à alta disponibilidade hídrica nas condições edafoclimáticas do Cerrado Goiano e do Piauí, são importantes novos estudos para cultivo em outros ambientes, uma vez que se trata de uma cultura sensível à condição de solo (Tolk *et al.*, 1999) e de fatores relacionados ao clima (Jalota *et al.*, 2010).

Assim como observado quanto à reposição de água, quanto maior a dose de N aplicada no solo, maiores foram o PECP (Fig. 8A), o CEC e CESP (Fig. 8B), o DECP (Fig. 8C) e o NCF (Fig. 12D). Ou seja, considerando o peso ou o volume do milho verde, o N atuou no aumento de produção até a última dose testada. Nas condições edafoclimáticas da Paraíba, em Neossolo Regolítico e reposição hídrica para manter o solo com 70% da capacidade de campo, a cultivar AG1051 teve aumento progressivo de comprimento e diâmetro da espiga até o limite de 239 kg N ha⁻¹, porém a produtividade de espigas e de grãos teve melhor desempenho com a aplicação de 191 kg N ha⁻¹ (Fernandes *et al.*, 2017). Esta mesma cultivar para milho-verde na condição edafoclimática de Ipameri, GO, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, sem irrigação, teve melhor desempenho produtivo de espigas com ou sem palha com 150 kg N ha⁻¹ (Costa *et al.*, 2015). Tendo esses dados como referência, fica claro que, embora sendo o mesmo genótipo, o ambiente e as condições de cultivo influenciam muito a produção de milho-verde. E mais, como a discrepância nos valores requeridos de N para a maior produção de milho verde é grande, presume-se que o tratamento hídrico nos experimentos parece influenciar na resposta da planta à aplicação de N.

Respostas da planta à aplicação de N dependentes de água ficam claras neste trabalho ao se observar a Figura 6A, onde se vê que a influência da mais alta dose de N só passou a ter efeito proeminente sobre o aumento da área foliar com reposição de água próximo a 100% de reposição da EVT. Da mesma forma, a mais alta dose de N só teve influência mais expressiva no aumento do número de folhas (Fig.6B) próximo a 100% de reposição de água. Salienta-se que nem todos os parâmetros seguem esse comportamento de forma tão rígida, a exemplo do aumento da LFE (Fig. 6D) e da massa fresca de cariopses (MFC) (Fig. 9), em que se percebe que o aumento na dose de N induziu resposta da planta mesmo sob baixas lâminas de reposição de água, porém tendo a resposta ampliada à medida que se elevava o percentual de reposição hídrica. Observa-se que a eficiência da aplicação de N sobre o desenvolvimento e a produção vegetal pode variar em função da disponibilidade de água no solo.

Vários são os fatores que podem estar envolvidos na eficiência da adubação nitrogenada na produção de milho em função da disponibilidade de água no solo. Um deles é a própria absorção do nutriente pela planta, que aumenta com maior disponibilidade hídrica no solo (Wang *et al.*, 2017). Outro fator é a velocidade de transporte de seiva do xilema (Xu *et al.*, 2009), a qual contém N mineral que chegará às folhas, órgão prioritário de assimilação de N em milho (Murphy & Lewis,

1987). Nesse contexto, baixa disponibilidade hídrica no solo pode afetar a velocidade do fluxo de seiva em função da redução das trocas gasosas, provocada pelo maior fechamento estomático como forma de a planta economizar água (Jain *et al.*, 2019) e assim diminuir a quantidade de N disponível à assimilação nas folhas.

Curiosamente, a enzima nitrato redutase, que participa do metabolismo do N, tem sua atividade muito reduzida em milho sob deficiência hídrica (Bardzik *et al.*, 1971), evidenciando uma possível forma de equilíbrio entre a assimilação de nitrogênio e a capacidade de uso do N reduzido, pela planta, uma vez que os esqueletos de carbono necessários à assimilação do N também estariam em baixa produção numa condição de restrição hídrica em razão do fechamento estomático. Resposta similar foi observada por Foyer *et al.* (1998), comprovando, inclusive, uma correlação positiva entre a atividade da nitrato redutase e a assimilação de CO₂. Essa resposta é fundamental como forma de proteção da planta, uma vez que a forma reduzida do NO₃⁻ é o NO₂⁻, o qual, após formado, precisa ser reduzido a NH₄⁺, e se este íon não for assimilado será muito prejudicial à célula. Tanto NO₂⁻ quanto NH₄⁺ têm alto potencial de toxicidade, podendo provocar deslocamento indesejado de elétrons, não podendo, portanto, ser armazenados pela célula vegetal (Bremner, 1995; Britto *et al.*, 2002).

Ainda sobre a influência da água na eficácia do N aplicado e seu metabolismo, estudos têm demonstrado que em milho a atividade das enzimas glutamina sintetase (GS), glutamato sintase (GOGAT) e glutamato desidrogenase (GDH) é diminuída sob restrição hídrica, mas que estas enzimas mantêm maior atividade à medida que há maior disponibilidade de N no solo (Li *et al.*, 2017). Considerando que o produto da assimilação de N são biomoléculas orgânicas nitrogenadas, que, de forma direta ou indireta, promovem aumento de biomassa vegetal, a dinâmica na atividade de enzimas de redução ou assimilação do N em função da água, acima discutida, subsidia o entendimento da razão de ter ocorrido pouco aumento na área foliar quando do uso da mais alta dose de N em baixa disponibilidade hídrica, seguido de grande aumento em condição de alta disponibilidade hídrica (Fig. 6A). Da mesma forma, também ocorreu aumento progressivo de MFC (Fig. 9) em função do aumento da dose de N, com efeito ampliado à medida que era aumentada a reposição de água.

Com base na discussão supracitada, presume-se que o efeito positivo das maiores doses de N sobre os diferentes parâmetros de produção, que coincidiram também com os maiores níveis de reposição de água, tenha sido em função tanto da maior absorção de N quanto de altas atividades das enzimas envolvidas com o metabolismo do N, favorecidas pela condição hídrica. Não se espera, no entanto, que tenha havido interferência significativa do fluxo de seiva sobre as respostas observadas, uma vez que não houve neste trabalho alteração em condutância estomática e

transpiração em função dos tratamentos, assim como também não se espera que tenha havido limitação na assimilação de N em função da produção de esqueletos de carbono, uma vez que não foi observada variação na fotossíntese líquida em função dos tratamentos.

Avaliou-se, ainda, a participação do pendão como possível dreno com volume capaz de interferir na partição de fotoassimilados para órgãos de interesse. Embora tenha havido influência do aumento da dose de N sobre o aumento do comprimento do pendão (Fig. 10A), a maior reposição de água foi imprescindível para que ele alcançasse o comprimento máximo. Para comprimento do pendão, o fator reposição hídrica foi muito mais efetivo do que a dose de N (Fig. 10A), no entanto, quanto maior foi a dose de N, maior foi o número de ramificações secundária deste órgão (Fig. 10B). Uma vez que o pendão é tido como um dreno muito forte em milho (Qi *et al.*, 2010), presume-se que quanto maior for seu volume, maior será a alocação de fotoassimilados neste órgão, o que poderia trazer prejuízo à alocação na espiga, mas o que se observou neste trabalho foi que o maior tamanho do pendão em comprimento e ramificação ocorria com as maiores lâminas de água ou doses de N, respectivamente, que foram as mesmas condições que favoreceram os maiores valores nos parâmetros de produção.

Para além da importância do pendão como dreno, está sua importância na polinização, da qual depende a produção de grãos. Estudos têm relatado que a produção de pólen depende do tamanho do pendão e que há relação positiva entre o tamanho do pendão e o tamanho da espiga (Qi *et al.*, 2010; Uribe-larrea *et al.*, 2002). E mais que a força de dreno do pendão vai diminuindo à medida que a espiga vai crescendo e que há um ganho potencial na produção de espiga em função da perda de massa do pendão envelhecido (Westgate *et al.*, 2003).

Tendo em vista que após a colheita do milho-verde sobra muita biomassa vegetal, a qual pode ser utilizada na alimentação animal, de forma imediata ou para ensilar, presume-se que as plantas que obtiveram maiores áreas foliares, maior diâmetro de caule e maior altura são aquelas com maior potencial de aproveitamento para este fim. Neste caso, observou-se que o maior efeito sobre a altura da planta foi a reposição hídrica com ótimo em 100% e dose de N satisfatória a partir de 70 kg N ha⁻¹ (Fig. 11A). A maior dose de N promoveu o maior aumento no diâmetro do caule (Fig. 11B), assim como a maior lâmina promoveu maior diâmetro do colmo (Fig. 11E). Ao se traduzir estes fatores à produtividade de massa verde, percebeu-se que tanto na maior dose de N (Fig. 11D) quanto na maior reposição hídrica (Fig. 11E) foi onde se encontrou maior produtividade de biomassa. Embora não tenha sido feita avaliação nutricional da massa verde, outros trabalhos têm mostrado que a qualidade requerida dessa biomassa para alimentação animal é fortemente incrementada pela adubação nitrogenada (Melo *et al.*, 1999; Neumann *et al.*, 2005).

5 CONCLUSÕES

As lâminas de água e as doses de nitrogênio testadas não influenciaram a fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e fluorescência da clorofila no estágio vegetativo.

O aumento nas doses de nitrogênio incrementou os parâmetros área foliar, número de folhas, comprimento da folha da espiga, largura da folha da espiga e massa fresca da cariopse.

O aumento na reposição de água promoveu aumento nos parâmetros comprimento do pendão, comprimento da folha da espiga, largura da folha da espiga e altura de planta.

A eficácia da adubação nitrogenada sobre o aumento da área foliar foi limitada pela disponibilidade hídrica. O mesmo ocorreu para os parâmetros número de folhas, comprimento e largura da folha da espiga e altura da planta.

O maior diâmetro de espiga sem palha foi obtido com a dose de 140 kg ha⁻¹. E o maior diâmetro de espiga com palha foi obtido com a lâmina de 100%, enquanto o maior diâmetro de espiga sem palha ocorreu com a lâmina de 75%.

Para obter maior peso de espiga com palha, comprimento de espiga sem palha, comprimento de espiga com palha, número de cariopses, diâmetro do colmo, diâmetro de espiga com palha, número de ramificação secundária do pendão e massa verde sem espiga, a melhor dose de nitrogênio a ser utilizada foi 210 kg N ha⁻¹ e lâmina de água de 125% da reposição da evapotranspiração para o cultivo de milho-verde no período seco do ano, nas condições do cerrado goiano.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, C. J. B.; Pinho, R. G. V.; Silva, R. da. Produtividade de Híbridos de Milho-Verde Experimentais e Comerciais. *Journal of Bioscience*, Uberlândia, v.24, n.2, p.69-76, 2008.
- Albuquerque, P. E. P. de. Estratégias de Manejo de Irrigação: Exemplos de Cálculo. Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 136, Sete Lagoas, 1ed., 2010. 24p.
- Alves, S. M. de F.; Silva, Á. E. da; Seraphin, J. C.; Vera, R.; Souza, E. R. B. de; Rolim, H. M. V.; Ximenes, P. A. Avaliação de Cultivares de Milho para o Processamento de Pamonha. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.34, n.1, p.39-43, 2004.
- Araújo, L. A. N.; Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P. Adubação Nitrogenada na Cultura do Milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n.8, p.771-777, 2004.
- Bardzik, J. M.; Marsh Jr., H. V.; Havis, J. R. Effects of Water Stress on the Activities of Three Enzymes in Maize Seedlings. *Plant physiology*. v.47. n.6, p.828-831, 1971.
- Bergamaschi, H.; Dalmago, G. A.; Bergonci, J. I.; Bianchi, C. A. M.; Müller, A. G.; Comiran, F.; Heckler, B. M. M. Distribuição Hídrica no Período Crítico do Milho e Produção de Grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, p.831-839, 2004.
- Bergamaschi, H.; Dalmago, G. A.; Comiran, F.; Bergonci, J. I.; Müller, A. G.; França, S.; Santos, A. O.; Radin, B.; Bianchi, C. A. M.; Pereira, P. G. Déficit Hídrico e Produtividade na Cultura do Milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.2, p.243-249, 2006.
- Bredemeier, C.; Mundstock, C. M. Regulação da Absorção e Assimilação do Nitrogênio nas Plantas. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria-RS, v.30, n.2, p.365-372, 2000.
- Bremner, J. M. Recent Research on Problems in The Use of Urea as a Nitrogen Fertilizer. In *Nitrogen Economy in Topical Soils*. Springer, Dordrecht. p.321-329, 1995.
- Britto, D. T.; Kronzucker, H. J. NH_4^+ Toxicity in higher plants: a critical review. *Journal of plant physiology*. 159(6), p.567-584, 2002.
- Calonego, J. C.; Palma, H. N.; Foloni, J. S. S. Adubação Nitrogenada Foliar com Sulfato de Amônio e Ureia na Cultura do Milho. *Journal of Agronomic Sciences*, Umuarama, v.1, n.1, p.34-44, 2012.

Campbell, W. H. Nitrate Reductase Structure, Function and Regulation: Bridging the Gap Between Biochemistry and Physiology. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v.50, p.277–303, 1999.

Campelo, D. H.; Teixeira, A. dos. S.; Moreira, L. C. J.; Lacerda, C. F. de. Growth, Production and Water and Nitrogen use Efficiency of Maize under Water Depths and Nitrogen Fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.23, n.10, p.747-753, 2019.

Cantarella, H.; Trivelin, P. C. O.; Contin, T. L. M.; Dias, F. L. F.; Rossetto, R.; Marcelino, R.; Coimbra, R. B.; Quaggio, J. A. Ammonia Volatilization from Urease Inhibitor-Treated Urea Applied to Sugarcane Trash Blankets. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.65, n.4, p.397-401, 2008.

CEASA – Centrais de Abastecimento de Goiás. *Análise Conjuntural 2018*, n.43, 393p. Goiânia-GO, 2019.

Christiansen, J. E. *Irrigation by sprinkling*. Berkeley: University of California, 1942. 124p.

Ciampitti, I. A.; Elmore, R. W.; Lauer, J. *Fases de Desenvolvimento do Milho*. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative. Kansas, 2016.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. **Recomendações de Corretivos e Fertilizantes Para Goiás**. 5ª Aproximação. Informativo Técnico, 1. UFG/EMGOPA. 101p. Goiânia-GO, 1988.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos*. Quinto levantamento Safra 2017/18, Brasília, v.5. n.5, p.140, 2018.

Contini, E.; Mota, M. M.; Marra, R.; Borghi, E.; Miranda, R. A. de.; Silva, A. F. da.; Silva, D. D. da; Machado, J. R. de A.; Cota, L. V.; Costa, R. V. da.; Mendes, S. M. *Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos*. Brasília: Embrapa, Série Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2, 45p., 2019.

Costa, F. R.; Damaso, L. D.; Mendes, R. C.; Marques, D. D.; Rodrigues, F. *Desempenho de Híbridos de Milho para Consumo in natura em Diferentes Doses de Nitrogênio*. *Revista Científica*, Jaboticabal-SP, v.43, n.2, p.109-116, 2015.

Couto, C. A. do; Silva, É. M. da; Silva, A. G. da; Oliveira, M. T. P.; Vasconcelos, J. C. de; Silva, A. R. da; Sobreira, E. de A.; Moura, J. B. de. Desempenho de Cultivares de Milho Destinado para Produção de Milho Verde e Silagem. *Revista Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, Anápolis, v.6, n.1, p.232-251, 2017.

Duete, R. R. C.; Muraoka, T.; Silva, E. C. da; Ambrosano, E. J.; Trivelin, P. C. O. Acúmulo de Nitrogênio pelos Grãos de Milho em Função da Fonte Nitrogenada em Latossolo Vermelho. *Revista Bragantia*, Campinas, v.68, n.2, p.463-472, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Serviço de Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

Ertek, A.; Kara, B. Yield and Quality of Sweet Corn under Deficit Irrigation. *Agricultural Water Management*, v.129, p.138-144, 2013.

Farquhar.; Sharkey, T. D.; Graham, D.; Stomatal Conductance and Photosynthesis. **Annual Review of Plant physiology**, 1982

Fernandes, J. D.; Chaves L. H. G.; Monteiro Filho, A. F.; Vasconcellos, A.; Silva, J. R. P. da. Crescimento e Produtividade de Milho sob Influência de Parcelamento e Doses de Nitrogênio. *Revista Espacios*, v.38, n.8, 2017.

Ferreira, H. de A.; Souza, A. dos S.; Sousa, D. A. de; Santos Souza, A. dos; Maracajá, P. B. Componentes de Produção e Produtividade do Milho Submetido a Doses de Nitrogênio no Semiárido Paraibano. *Revista Verde*, Mossoró, v.5, n.4, p.90-96, 2010.

Foyer, C. H.; Valadier, M. H.; Migge, A.; Becker, T. W. Drought-Induced Effects on Nitrate Reductase Activity and mRNA and on the Coordination of Nitrogen and Carbon Metabolism in Maize Leaves. *Plant Physiol*, v.117, p.283-292, 1998.

Freire, F. M.; Viana, M. C. M.; Mascarenhas, M. H. T.; Pedrosa, M. W.; Coelho, A. M.; Andrade, C. de L. T. de. Produtividade Econômica e Componentes da Produção de Espigas Verdes de Milho em Função da Adubação Nitrogenada. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Teresina, v.9, n.3, p. 213-222, 2010.

Fritsche-Neto, R.; Môro, G. V. Escolha do Cultivar é Determinante e deve considerar toda informação disponível. *Revista Visão Agrícola*, Piracicaba, n.13, p.12-15, 2015.

Hossain, F.; Muthusamy, V.; Bhat, J. S. K.; Jha, S. K.; Zunjare, R.; Das, A. Sarika, K.; Kumar, R. Maize. In: Singh, M.; Kumar, S. (eds.) *Broadening the Genetic Base of Grain Cereals*, India, 2016.

Hsiao, T. C.; Acevedo, E.; Henderson, D. W. Maize Leaf Elongation: Continuous Measurements and Close Dependence on Plant Water Status. *Science*, v.168, n.3931, p.590-591, 1970.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal Culturas temporárias e permanentes*, Rio de Janeiro-RJ, v.42, p.1-8, 2018.

Imran, S.; Arif, M.; Khan, A.; Khan, M. A.; Shah, W.; Latif, A. Effect of Nitrogen Levels and Plant Population on Yield and Yield Components of Maize. *Adv Crop Sci Tech.*, v.3, n.2, 2015.

Jain, M.; Kataria, S.; Hirve. M.; Prajapati, R. Water Deficit Stress Effects and Responses in Maize. In: Hasanuzzaman, M.; Hakeem, K.; Nahar, K.; Alharby H. (eds) *Plant Abiotic Stress Tolerance*. Springer, Cham, p. 129-151, 2019.

Jalota, S. K.; Singh, S.; Chahal, G. B. S.; Ray, S. S.; Panigrahy, S.; Singh, B.; Singh, K.B. Soil Texture, Climate and Management Effects on Plant Growth, Grain Yield and Water Use by Rainfed Maize–Wheat Cropping System: Field And Simulation Study. *Agricultural Water Management*. v.97, n.1, p.83–90, 2010.

Jasemi, M.; Darab, F.; Naser, R. Effect of Planting Date and Nitrogen Fertilizer Application on Grain Yield and Yield Components in Maize. *American-Eurasian Journal Agriculture & Environmental Sciences*, v.13, p.914-919, 2013.

Jin, X.; Yang, G.; Tan, C.; Zhao, C. Effects of Nitrogen Stress on the Photosynthetic CO₂ Assimilation, Chlorophyll Fluorescence and Sugar-Nitrogen Ratio in Corn. *Scientific Reports*, v.5, n.9311, 2015.

Kaiser, W. M. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. ***Physiologia Plantarum***, 1987. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1987.tb04631.x>

Kerbaui, G. B. *Fisiologia Vegetal*. 2ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2017. 431p.

Kross, A.; Mcnairn, H.; Lapen, D.; Sunohara, M.; Champagne, C. Assessment of Rapideye Vegetation Indices for Estimation of Leaf Area Index and Biomass in Corn and Soybean Crops. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.34, p.235–248, 2015.

Kuscu, H.; Karasu, A.; Oz, M.; Demir, A. O.; Turgut, I. Effect of Irrigation Amounts Applied with Drip Irrigation on Maize Evapotranspiration, Yield, Water Use Efficiency, and Net Return in a Sub-Humid Climate. *Turkish Journal of Field Crops*, v.18, n.1, p.13-19, 2013.

Lamm, F. R.; Trooien, T. P. Irrigação por gotejamento subterrâneo para produção de milho: Uma revisão de 10 anos de pesquisa no Kansas. *Irrigation Science*, n.22, p.195–200, 2003.

Langner, J. A.; Zanon, A. J.; Streck, N. A.; Reiniger, L. R. S.; Kaufmann, M. P.; Alves, A. F. Maize: Key agricultural crop in food security and sovereignty in a future with water scarcity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.23, n.9, p.648-654, 2019.

Lea, P. J.; Forde, B. G. Glutamate in Plants: Metabolism, Regulation, and Signalling. *Journal of Experimental Botany*. v.58, n.9, p.2339–2358, 2007.

Lea, P.J.; Mifflin, B.J. Nitrogen Assimilation and its Relevance to Crop Improvement. **Annual Plant Reviews Online**, 2018. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0448>

Laghari, S. J.; Wahocho, A. W.; Laghari, G. M.; Hafeezlaghari, A.; Mustafabhabhan, G.; Talpur, K. H.; Bhutto, T. A.; Wahocho, S. A.; Lashari, A. A. Role of Nitrogen for Plant Growth and Development: A review. *Advances in Environmental Biology*. v.10, n.9, p.209-218, 2016.

Li, G.; Zhao, B.; Dong, S.; Zhang, J.; Liu, P.; Vyn, T. J. Interactive Effects of Water and Controlled Release Urea on Nitrogen Metabolism, Accumulation, Translocation, and Yield in Summer Maize. *The Science of Nature*, v.104, p.9-10, 2017.

Liu, Z.; Gao, J.; Gao, F.; Liu, P.; Zhao, B.; Zhang, J. Photosynthetic Characteristics and Chloroplast Ultrastructure of Summer Maize Response to Different Nitrogen Supplies. *Front. Plant Sci.*, v.9, p.576, 2018. DOI: 10.3389/fpls.2018.00576

Lu, C.; Zhang, J. Photosynthetic CO₂ assimilation, chlorophyll fluorescence and photoinhibition as affected by nitrogen deficiency in maize plants. *Plant Science*. v.151. p.135-143, 2000.

Machado Filho, G. C.; Nascimento, I. R.; Sakai, T. R. P.; Rocha, W. S.; Santos, M. M. dos. °Brix e Produção de Espigas de Milho Verde em Função de Épocas de Adubação Nitrogenada. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, Guarapuava-PR, v.11, n.1, p.33-41, 2018.

Machado, A. T.; Sodek, L.; Fernandes, M. S. N-partitioning, nitrate reductase and glutamine synthetase activities in two contrasting varieties of maize. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília-DF, v.36, n.2, p.249-256, 2001.

Magalhães, P. C.; Durães, F. O. M. *Fisiologia da Produção de Milho*. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 76, 2006. 10p.

Magalhães, P. C.; Souza, T. C. de.; Albuquerque, P. E. P. de. Efeitos do Estresse Hídrico na Produção de Grãos e na Fisiologia da Planta de Milho. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 51, 2012. 37p.

Martin, J. D.; Carlesso, R.; Aires, N. P.; Gatto, J. C.; Dubou, V.; Fries, H. M; Scheibler, R. B. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 192 - 205, 2012.

Martins, J. D. ; Petry, M. T. ; Rodrigues, G. C.; Carlesso, R. Viabilidade econômica da irrigação deficitária em milho irrigado por gotejamento. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 150-165, 2016

Melo, W. M. C.; Von Pinho, R. G.; Von Pinho, E. V. R.; Carvalho, M. L. M.; Fonseca, A. H. Parcelamento da adubação nitrogenada sobre o desempenho de cultivares de milho para produção de silagem. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v.23, n.3, p.608-616, 1999.

Murphy, A. T.; Lewis, O. A. M. Effect of Nitrogen Feeding Source on the Supply of Nitrogen from Root to Shoot and the Site of Nitrogen Assimilation in Maize (*Zea mays* L. CV. R201). *New Phytologist Trust*, v.107, p.327-333, 1987.

Nascimento, F. N. do; Bastos, E. A.; Cardoso, M. J.; Andrade Júnior, A. S. de; e Ramos, H. M. Desempenho da Produtividade de Espigas de Milho Verde sob Diferentes Regimes Hídricos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Teresina-PI, v.16, n.1, p.94-108, 2017.

Nascimento, F. N. do; Bastos, E. A.; Cardoso, M. J.; Andrade Júnior, A. S. de; Ribeiro, V. Q. Parâmetros Fisiológicos e Produtividade de Espigas Verdes de Milho sob Diferentes Lâminas de Irrigação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.14, n.2, p.167-181, 2015.

Neumann, M.; Sandini, I. E.; Lustosa, S. P. C.; Ost, P. R.; Romano, M. A.; Falbo, M. K.; Pansera, E. R. Rendimentos e Componentes de Produção da Planta de Milho (*Zea mays* L.) para Silagem, em Função de Níveis de Adubação Nitrogenada em Cobertura. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.4, n.3, p.418-427, 2005.

Oliveira, L. A. M; Azeredo, R. A.; Araújo, G. L.; Mantovani, E. C. Estimativa de produção em áreas irrigadas sob o cultivo da cultura do milho utilizando imagens de satélite. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada - RBAI** . Vol. 10, p400-409, 2016. 10p

Perdomo, A. J.; Carmo-Silva, E.; Hermida-Carrera, C.; Flexas, J.; Galmés, J. Acclimation of Biochemical and Diffusive Components of Photosynthesis in Rice, Wheat, and Maize to Heat and Water Deficit: Implications for Modeling Photosynthesis. *Front Plant Sci.*, v.7, p.1719, 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.01719

Pereira Filho, I. A. O Cultivo do Milho Verde. 1.ed. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 217p.

Portes, T. A.; Melo, H. C. de. Light Interception, Leaf Area and Biomass Production as a Function of The Density of Maize Plants Analyzed Using Mathematical Models. *Acta Sci., Agron.*, Maringá-PR, v.36, n.4, 2014.

Purcino, A. A. C.; Alves, V. M. C.; Parentoni, S. N.; Santos, M. X. dos. Como as Plantas Utilizam os Fertilizantes Nitrogenados. *Revista Grandes Culturas Cultivar*, Pelotas-RS, ano II, n.15, p.18-20, 2000.

Qi, R.; Ma, Y.; Hu, B.; Reffye, P. de; Cournède, P. H. Optimization of Source–Sink Dynamics in Plant Growth for Ideotype Breeding: A Case Study on Maize. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.71, p.96–105, 2010. DOI:10.1016/j.compag.2009.12.008.

Ribeiro, E. A. de S. Produção de Milho-Verde Irrigado por Gotejamento em Teresina-PI. Teresina – PI: Universidade Federal do Piauí, 2017. 80p. Dissertação Mestrado.

Ritchie, S. W.; Hanway J. J.; Benson, G. O. Como a Planta de Milho se Desenvolve. Piracicaba-SP: Potafos, 2003. 20p. (Informações Agronômicas, 103).

Sangoi, L.; Schmitt, A.; Zanin, C. G. Área Foliar e Rendimento de Grãos de Híbridos de Milho em Diferentes Populações de Plantas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.6, n.3, p.263-271, 2007.

Segatto, C.; Conte, R.; Lajús, C. R.; Luz, G. L. da. Relação da Leitura do Clorofilômetro com o Rendimento da Cultura do Milho em Diferentes Níveis de Suprimento de Nitrogênio. *Scientia Agraria Paranaensis, Marechal Cândido Rondon-PR*, v.16, n.2, p.253-259, 2017.

Silva, C. A. da; Silva, C. J. da. Avaliação de Uniformidade em Sistemas de Irrigação Localizada. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia. Publicação Científica da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça /FAEF, ano IV, n.08, 2005.*

Silva, C. B.; Silva, T.; Silva, J. C.; Cruz, R.; Alves, M. C.; Santos, M. A. Trocas Gasosas do Milho Verde Submetido a Diferentes Lâminas de Irrigação e Doses de Nitrogênio. IV Inovagri International Meeting. XXVII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (CONIRD). III Simpósio Latino-Americano de Salinidade (SBS). 8p. Fortaleza-CE, 2017.

Silva, C. D. S.; Santos, P. A. A.; Lira, J. M. S.; Santana, M. C.; Silva Júnior, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. *Revista Caatinga*, v.23, p.7-13, 2010.

Sousa, Í. M. de; Rocha, D. R. da; Cunha, C. S. M.; Gonçalves, I. C. R.; Castro, J. I. A. Adubação Nitrogenada e Modos de Disponibilização de Micronutrientes na Produção de Milho Verde. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido, Patos-PB*, v.13, n.1, p.15-21, 2017.

Souza, E. J. de; Cunha, F. F. da; Magalhães, F. F.; Silva, T. R. da; Santos, O. F. dos. Efeito da irrigação e nitrogênio fertilização em características agronômicas do milho doce. *Revista Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia-GO*, v.45, n.3, p.282-290, 2015

Srinivasan, V.; Kumar, P.; Long, S. P. Decreasing, not Increasing, Leaf Area will Raise Crop Yields under Global Atmospheric Change. *Global Change Biology*, v.23, n.4, p.1626–1635, 2017.

Stewart, D. W. ; Costa, C.; Dwyer, L. M.; Smith, D. L.; Hamilton, R. I.; Ma, B. L. Corn Canopy Structure, Light Interception, and Photosynthesis in Maize. *Agronomy Journal Abstract*, v.95, n.6, p.1465-1474, 2003.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

Tolk, J. A.; Howell, T. A.; Evett, S. R. Effect of Mulch, Irrigation, and Soil Type on Water Use and Yield of Maize. *Soil & Tillage Research*, v.50, n.2, p.137-147, 1999.

Tóth, V. R.; Mészáros, M.; Veres, S.; Nagy, J. Effects of the Available Nitrogen on the Photosynthetic Activity and Xanthophyll Cycle Pool of Maize in Field. *Journal of Plant Physiology*, v.159, n.6, p.627–634, 2002. .

Unno, H.; Uchida, T.; Sugawara, H.; Kurisu, G.; Sugiyama, T.; Yamaya, T.; Sakakibara, H.; Hase, T.; Kusunoki, M. Atomic Structure of Plant Glutamine Synthetase. *The Journal of Biological Chemistry*, v.281, n.39, p.29287-29296, 2006.

Uribelarrea, M.; Carcova, J.; Otegui, M. E.; Westgate, M. E. Pollen Production, Pollination Dynamics, and Kernel Set in Maize. *Crop Sci.* v.42, p.1910–1918, 2002.

Valentini, L.; Shimoya, A. *Milho Verde: Informações Básicas*. Niterói-RJ: Pesagro-Rio, 2008. 19p. (Pesagro-Rio, Informe Técnico, 38).

Vieira, R F. *Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas*. Brasília- DF: Embrapa Meio Ambiente, 2017. 163p.

Wang, X.; Xing, Y. Effects of Irrigation and Nitrogen on Maize Growth and Yield Components. In: Pirasteh, S.; Li, J. (eds.). *Global Changes and Natural Disaster Management: Geo-information Technologies*. Springer International Publishing, 2017. p.63-74.

Wang, Y.; Janz, B.; Engedal, T.; Neergaard, A. de. Effect of Irrigation Regimes and Nitrogen Rates on Water Use Efficiency and Nitrogen Uptake in Maize. *Agricultural Water Management*, v.179, p.271–276, 2017.

Westgate, M. E.; Lizaso, J.; Batchelor, W. Quantitative Relationships between Pollen Shed Density and Grain Yield in Maize. *Crop Sci.*, v.43, p.934–942, 2003.

Xu, L.; Niu, J.; Li, C.; Zhang, F. Growth, Nitrogen Uptake and Flow in Maize Plants Affected by Root Growth Restriction. *Journal of Integrative Plant Biology*, v.51, n.7, p.689–697, 2009.

Xu, Q.F.; Tsai, C.L.; Tsai, C.Y. Interaction of potassium with the form and nitrogen and their influence on the growth and nitrogen uptake of maize. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.15, n.1, p.23-33, 1992.

Yamada, T.; Abdalla, S. R. S. Como Melhorar a Eficiência da Adubação Nitrogenada do Milho. Piracicaba-SP: Potafos, 2000. 5p. (Informações Agronômicas, 91).

Yang, L.; Hai-Shun, Y.; Jiu-Sheng, L.; Yan-Feng, L.; Hai-Jun, Y. Estimativa dos Requisitos de Irrigação para Milho Irrigado por Gotejamento em Clima Sub-úmido. *Journal of Integrative Agriculture*, v.17, n.3, p.677–692, 2018.

APÊNDICE

Quadrados médios das variáveis fisiológicas fotossíntese líquida (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), fluorescência da clorofila (*Fv-Fm*) de milho-verde submetido a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio.

Variável	Fontes de Variação			
	L	D	L x D	Regressão
<i>A</i>	47,058811 ^{ns}	19,356873 ^{ns}	30,739344 ^{ns}	NS
<i>E</i>	6,835866 ^{ns}	4,724702 ^{ns}	3,572539 ^{ns}	NS
<i>gs</i>	0,021233 ^{ns}	0,015653 ^{ns}	0,011220 ^{ns}	NS
<i>Fv-fm</i>	0,005774 ^{ns}	0,000233 ^{ns}	0,000634 ^{ns}	NS

^{NS} Não Significativo. *Significativo.

Resultados médios para variáveis fisiológicas fotossíntese líquida (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), fluorescência da clorofila (*Fv-Fm*) de milho-verde submetido a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio.

Doses kg ha ⁻¹	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>Fv-fm</i>
0	22,13 a	7,37 a	0,282 a	0,777 a
70	21,85 a	7,37 a	0,269 a	0,772 a
140	22,33 a	7,33 a	0,269 a	0,775 a
210	23,13 a	7,90 a	0,302 a	0,775 a
Lâminas de Água (%)				
50	21,6 a	7,49 a	0,265 a	0,772 a
75	22,34 a	7,35 a	0,283 a	0,780 a
100	23,57 a	7,94 a	0,306 a	0,763 a
125	21,93 a	7,18 a	0,269 a	0,784 a
Média Geral	22,36	7,49	0,280	0,774
CV(%)	25,41	26,27	42,72	3,04

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.