UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

CULTURA DO MILHO SUBMETIDA A TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO

ALESSANA FRANCIELE SCHLICHTING

RONDONÓPOLIS- MT
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola

CULTURA DO MILHO SUBMETIDA A TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO

ALESSANA FRANCIELE SCHLICHTING
Bióloga

Orientador: Prof. Dr. MARCIO KOETZ

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Universidade Federal de Mato Grosso, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

RONDONÓPOLIS- MT
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S344c Schlichting, Alessana Franciele.
Cultura do milho submetida a tensões de água no solo e doses de nitrogênio / Alessana Franciele Schlichting. -- 2012
83 f. ; 30 cm.

Orientador: Marcio Koetz.
Co-orientadora: Edna Maria Bonfim-Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2012.
Inclui bibliografia.

1. Zea mays L.. 2. Tensiômetro. 3. Adubação nitrogenada. 4. Disponibilidade hídrica. I. Título.

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

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: CULTURA DO MILHO SUBMETIDA A TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO
Autora: ALESSANA FRANCIELE SCHLICHTING
Orientador: Dr. MARCIO KOETZ

Aprovada em 17 de dezembro de 2012

Comissão Examinadora:

Profº Dr. Marcio Koetz
(ICAT/UFMT) (Orientador)

Profº Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho
(UFG/ Campus de Jataí)
(Membro externo)

Profº Dra. Edna Maria Bonfim-Silva
(ICAT/UFMT) (Membro interno)

Graças vou dou, Senhor, por ser a fonte de que emana todo o bem que me sucede. “Mas os que esperam no SENHOR renovarão as forças, subirão com asas como águias; correrão, e não se cansarão; caminharão, e não se fatigarão” (Isaías 40:31).

OFEREÇO

Ao meu noivo, amigo e companheiro ***Rodrigo dos Santos Souza*** pelo amor, dedicação, carinho, paciência, compreensão e apoio incondicional durante toda esta caminhada. Obrigada por fazer parte da minha vida e por apoiar os meus sonhos.

DEDICO

- A ***Jesus Cristo*** que esteve sempre comigo, as vezes caminhou ao meu lado, outras me deu a mãos e na maioria das vezes me carregou no colo.
- Ao meu Pai (***Hilton Schlichting***) que sempre acreditou em mim, não importando a circunstância, você é e sempre será a razão pela qual eu nunca desisti de viver.
- A minha mãe (***Isoni A. Santos Schlichting***), pelo exemplo de bravura e vitória.
- Aos meus sobrinhos (***Amanda e Daniel***) que me proporcionaram muitos momentos felizes e descontraídos. Como os amos.
- Aos meus queridos irmãos ***Alexandra*** e ***Mauro***.

AGRADECIMENTOS

A Deus que está sempre comigo dando coragem, força, saúde, discernimento e amor incondicional;

Ao meu orientador professor Dr. Marcio Koetz pela orientação, dedicação, compreensão e ensinamentos para realização deste trabalho;

À minha co-orientadora Drª Edna Maria Bonfim-Silva pela pronta colaboração, aprendizado e cooperação;

À Universidade Federal de Mato Grosso, mais especificamente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), pela oportunidade oferecida;

Aos membros da Comissão Examinadora;

Aos professores do curso de pós-graduação pelas valiosas contribuições ao estudo, em especial ao Dr. Tonny José Araújo da Silva e Drª Analy Castilho Polizel;

A APROSOJA (Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso) pela concessão da bolsa de mestrado;

A minha querida Prof. Drª Simoni Loverde-Oliveira, que com seu imenso amor pela pesquisa, estimula e ensina seus orientados.

Aos amigos (as) do curso de pós-graduação que ajudaram na condução e colheita do experimento, em especial à Anny Keli Aparecida e seu irmão (Rowvembrtg), Lorraine Nascimento Farias, Marcela Vilarinho e Matheus de Carvalho Silva pela amizade, parceria e alegria, apesar das dificuldades;

Aos alunos (as) do curso de pós-graduação que ajudaram na coleta do solo: Anny Keli, Cláudia e seu esposo Marcelo, Débora, Lorraine, Marcella, Matheus, Patrícia e Willian;

Ao técnico de laboratório Elias Ferreira Silva França, pelo auxilio além de suas atribuições institucionais;

Enfim a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

CULTURA DO MILHO SUBMETIDA A TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO – A disponibilidade hídrica aliada à adubação nitrogenada são os fatores mais importantes para o desenvolvimento do milho. Assim objetivou-se pelo presente estudo verificar a influência do manejo da irrigação em diferentes tensões de água no solo e níveis de adubação nitrogenada na cultura do milho, em LATOSSOLO Vermelho distrófico. O experimento foi realizado em casa de vegetação, na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5x5, correspondente a cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 55 kPa) e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm^{-3}), com quatro repetições, totalizando 25 tratamentos, perfazendo um total de 100 parcelas experimentais. As unidades experimentais foram representadas por vasos plásticos com capacidade de 18 dm^3 de solo. O híbrido de milho utilizado no experimento foi o DKB 390 PRO, classificado como híbrido simples. A colheita e avaliações foram realizadas aos 122 dias após a emergência das plantas, onde as características avaliadas foram: altura de planta, diâmetro do colmo, número de ramificações do pendão, massa seca das folhas, massa seca do colmo, massa seca do pendão, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, altura da inserção da primeira espiga, massa da espiga com palha, massa da espiga sem palha, massa do sabugo seco, comprimento da espiga e massa de 100 grãos. Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de regressão através do programa estatístico SISVAR. Nas avaliações onde ocorreram interação significativa, as menores tensões, entre 15 e 25 kPa, aliadas as adubações de 100 a 150 mg dm^{-3} de nitrogênio, proporcionaram os melhores resultados. A tensão de água no solo de 55 kPa, foi a mais prejudicial ao desenvolvimento do milho.

Palavras-chaves: *Zea mays* L., tensiômetro, adubação nitrogenada, disponibilidade hídrica.

CROP CORN POSTED A TENSION OF WATER AND DOSES OF NITROGEN

ABSTRACT - Nitrogen fertilization combined with water availability are the most important factors for the development of corn, so the objective was to check the present study the influence of soil water stress and nitrogen fertilization in maize, in Oxisol. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal University of Mato Grosso, Campus Rondonópolis. We used a randomized block design in a factorial 5x5, corresponding to five soil water stress (15, 25, 35, 45 and 55 kPa) and five doses of nitrogen (0, 50, 100, 150 and 200 mg dm^{-3}) with four replications, totaling 25 treatments, a total of 100 plots. The experimental units were represented by plastic pots of 18 dm^3 soil. The corn hybrid used in the experiment was the DKB 390 PRO, classified as simple hybrid. Harvesting and evaluations were performed at 122 days after emergence, where the characteristics evaluated were: plant height, stem diameter, number of tassel branches, leaf dry weight, stem dry weight, dry weight tassel, dry shoot, root dry weight, height, first ear, cob with straw, cob without straw, cob dry weight, ear length and weight of 100 grains. Results were subjected to analysis of variance and regression testing, being used to this, statistical programs. In assessments where significant interaction occurred, the smallest voltages between 15 and 25 kPa, allied fertilizations 100-150 mg dm^{-3} nitrogen, provided the best results. The soil water tension of 55 kPa, was more damaging to the development of corn.

Keywords: Zea mays L., tensiometer, nitrogen, water availability.

SUMÁRIO

Página

1 INTRODUÇÃO 11
2 REVISÃO DE LITERATURA 13
2.1 Cultura do milho 13
2.2 Irrigação no milho 16
2.3 Água disponível no solo 19
2.4 Tensiometria 19
2.5 Nitrogênio no solo 21
2.6 Nitrogênio na planta 23
3 MATERIAL E MÉTODOS 26
3.1 Local do experimento 27
3.2 Delineamento estatístico e parcelas experimentais 28
3.3 Coleta e caracterização do solo 29
3.4 Curva de retenção de água no solo 29
3.5 Instalação dos tensiômetros 31
3.6 Aplicação de nutrientes 32
3.7 Cultivo do milho – condução geral do experimento 33
3.8 Variáveis analisadas 34
3.9 Análise estatística 35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
4.1 Altura de planta 36
4.2 Diâmetro do colmo 38
4.3 Massa seca do colmo 41
4.4 Massa seca das folhas 43
4.5 Massa seca do pendão 45
4.6 Massa seca da parte aérea 48
4.7 Massa seca de raiz 50
4.8 Altura da inserção da primeira espiga 54
4.9 Massa da espiga com e sem palha 55
4.10 Comprimento da espiga 58
4.11 Massa do sabugo seco 60

4.12 Massa de 100 grãos 63
4.13 Consumo de água 66
4.14 Correlações 67
5 CONCLUSÕES 70
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71

1. INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica é condição comum em várias regiões do país, sendo responsável pela redução da produção em diversas culturas de interesse econômico (BERGAMASCHI et al., 2004), variando de acordo com determinada fase do ano. Dentre essas culturas se encontra o milho cultivado no final do período da estação chuvosa, da região Sul do Estado de Mato Grosso.

A produção nacional é relativamente dispersa no país. As maiores regiões produtoras são o Sul, com 37,2% da produção nacional e o Centro Oeste com 30,6%. No Centro Oeste, o Estado de Mato Grosso é o líder, com 13,4% da produção nacional (CONAB, 2012). De acordo com IBGE (2012) o Estado de Mato Grosso é o maior produtor nacional do milho cultivado no final da estação chuvosa, participando com 37,6% da produção, apresentando um aumento da área plantada de 10,7%, em relação a safra anterior.

A área plantada no Estado de Mato Grosso foi de 93.654 ha, na primeira safra, e de 4.258.245 ha na segunda safra (IBGE, 2012), mostrando que no Estado, os produtores preferem cultivar o milho no final do período chuvoso, isto pode estar correlacionado ao desenvolvimento de híbridos mais resistentes a doenças e pragas e consequentemente

mais produtivos, aliados a alta do preço de comercialização do grão de milho nos últimos anos.

Apesar do aumento de áreas irrigadas permitirem incrementos na produção sem aumentar a área cultivada, pois ameniza um dos principais fatores de limitação da produtividade de grãos das culturas que é a falta de água (PAVINATO et al., 2008) no Brasil a maior parte dos recursos hidrícos (70%) está na bacia Amazônica, onde vivem somente 7% da população. Assim sendo, a maior parte da população nacional tem que dividir os 30% restantes, mais da metade da água consumida no Brasil é utilizada na agricultura irrigada, apesar de que o País tem só cerca de 5% de área cultivada irrigada (PAZ, et al., 2000).

Para uma boa produtividade do milho é importante não ocasionar déficit hídrico, em que ocorrem principalmente no milho cultivado no final do período chuvoso, no Estado de Mato Grosso devido ao período de seca que se inicia logo após o plantio do milho. Dessa forma, a irrigação torna-se importante, mas o investimento com essa técnica, principalmente em grandes áreas, se torna oneroso devido aos diversos custos, sendo importante pesquisar formas de aumentar a produtividade em sistemas irrigados sem causar grandes custos ao produtor.

A adubação do milho com nitrogênio é importante porque é um dos principais fatores responsáveis pelo aumento do rendimento dessa cultura, porém seus efeitos dependerem de fatores genotípicos (MELO et al., 1999) e ambientais (WIENHOLD et al., 1995). Visando atender a crescente demanda mundial de alimentos e desenvolver soluções tecnológicas que levem à redução do risco associado à atividade agrícola, tem-se buscado maior eficiência na absorção e utilização do nitrogênio no milho, em solos tropicais (CARVALHO et al., 2011).

Assim, objetivou-se pelo presente estudo verificar a influência do manejo da irrigação em diferentes tensões de água no solo e níveis de adubação nitrogenada na cultura do milho, em LATOSSOLO Vermelho distrófico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta monocotiledônea, herbácea, pretencente à família Gramineae/Poaceae (MAGALHÃES et al., 2002). Planta que apresenta o hábito de florescimento do tipo determinado, onde o crescimento vegetativo cessa em definitivo quando ocorre o florescimento (FANCELLI; DOURADO NETO, 1999).

É uma cultura de origem tropical (México), com aproximadamente sete a dez mil anos, que necessita de calor e água durante todo o ciclo para se desenvolver e produzir satisfatoriamente (KEULEN et al.,1982). É uma planta de altas qualidades nutritivas sendo cultivado há muitos séculos, por isso é um dos cereais mais importantes cultivados no mundo todo (SANTOS; PRADO, 2002).

Devido a essa importância mundial, o milho é uma das espécies vegetais mais estudadas. Constantemente, programas de melhoramento estão buscando obter variedades mais produtivas e economicamente rentáveis e muitos esforços vêm sendo realizados para entender sobre a sua origem e evolução (EMBRAPA, 2008). Em muitos destes programas de melhoramento genético, procuram-se cultivares mais resistentes ao estresse hídrico e eficiente no uso do nitrogênio.

O milho assume importante papel socioeconômico entre as culturas de interesse econômico no Brasil, por se constituir em matéria-prima impulsionadora de diversos complexos agroindustriais; atualmente, o grande desafio está em se alcançar maior produtividade, diminuindo os custos de produção por meio da incorporação de novas tecnologias no manejo, como irrigação (PEGORARE et al., 2009).

Além de ocupar uma área cultivada considerável no território brasileiro, gerando empregos no setor agrícola, o milho é importante pela sua utilização direta na alimentação humana e de animais, bem como na indústria para a produção de cola, amido, óleo, álcool, flocos alimentícios, bebidas e de muitos outros produtos importantes em nosso cotidiano (SOARES, 2010). De acordo com Souza e Braga (2004), 80% de todo o milho produzido no país é consumido na forma de ração.

Pertencente ao grupo de plantas com metabolismo fotossintético do tipo C4, que se caracteriza pelo elevado potencial produtivo, o milho tem elevada produtividade quando a máxima área foliar coincidir com a maior disponibilidade de radiação solar, desde que não haja déficit hídrico. Essa condição permite a máxima fotossíntese possível, porém aumenta a necessidade hídrica da cultura, já que o elevado fluxo energético incidente também eleva a evapotranspiração (BERGAMASHI et al., 2004). Em plantas deste tipo a assimilação de dióxido de carbono pelas plantas decresce com a diminuição da disponibilidade de energia, bem como com o decréscimo da temperatura (JAME; CUTFORTH, 1996).

Quando as folhas de plantas C4 abrem os estômatos para absorver o gás carbônico necessário à fotossíntese, perdem cerca de 250 moléculas de H_2O (água) para cada de CO_2 (gás carbônico) absorvido, valor este que consagra a razão de transpiração típica para essas plantas (TAIZ; ZEIGER, 1991). Isso implica a contínua extração de água do solo, originando fortes relações entre transpiração, desenvolvimento vegetal e os diversos mecanismos responsáveis por manter o estado hídrico interno das plantas (DETOMINI et al., 2009).

Uma das principais vantagens das plantas C4 é que ela conduz a uma redução na sensibilidade a baixas concentrações intra-celulares de CO_2. Desta forma, plantas C4 são mais habilitadas a continuar a fixação de carbono quando a fenda estomática inicia seu fechamento devido a fatores como a seca, caracterizando-as como mais eficientes que as plantas C3 em termos de eficiência do uso da água. Essas vantagens são mais evidentes em ambientes com altas temperaturas e altas intensidades de luz (ROBSON, 1981).

O aumento da temperatura contribui para a diminuição da fotossíntese líquida em função do aumento da respiração, interferindo diretamente na produção. Temperaturas elevadas no período noturno, principalmente superiores a 24ºC, promovem um alto consumo de energia em função do aumento da respiração. Portanto, tem-se um menor saldo de carboidratos com perda de produtividade (DOURADO NETO, 1999).

A cultura do milho apresenta ciclo vegetativo variável, contemplando desde genótipos com ciclos superprecoces, precoce e tardio (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). O sistema de identificação empregado divide o desenvolvimento da planta em vegetativo (V) e reprodutivo (R) (Tabela 1). Durante a fase vegetativa, cada estádio é definido de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo. Assim, a primeira folha de cima para baixo, com o colar visível, é considerada completamente desenvolvida e, portanto, é contada como tal (EMBRAPA, 2003).

TABELA 1. Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.

VEGETATIVO	*REPRODUTIVO*
VE, emergência	*R1, Embonecamento*
V1, 1ª folha desenvolvida	*R2, Bolha d'água*
V2, 2ª folha desenvolvida	*R3, Leitoso*
V3, 3ª folha desenvolvida	*R4, Pastoso*
V4, 4ª folha desenvolvida	*R5, Formação de dente*
V(n), nº folha desenvolvida	*R6, Maturidade fisiológica*
VT, pendoamento	

Fonte: Embrapa (2003).

O tempo verificado entre a emergência e o pleno florescimento da cultura do milho pode se tornar levemente mais curto em relação ao ideal, já que para cada unidade de temperatura média diária superior a 21,1ºC, nesse período, pode haver uma antecipação de 2 a 3 dias no tempo necessário para o florescimento (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Além das condições climáticas, o potencial genético da cultivar, a fertilidade do solo, as práticas culturais, doenças, pragas, plantas daninhas, época de semeadura e qualidade da semente, são fatores determinantes da produção da cultura (REIS; CASA, 1996).

2.2 Irrigação no milho

Nos cultivos em geral a água é um fator fundamental, qualquer cultura durante o ciclo de desenvolvimento a necessita. O solo torna-se como reservatório dessa água, armazenando-a temporariamente e fornecendo-a as plantas conforme suas necessidades. Em torno de 98% do volume de água absorvido pelas plantas é perdido posteriormente pelo processo de transpiração (GORDON, 1995).

O milho é uma cultura que, sob déficits hídricos obtém respostas diferentes de produtividade podendo ser maior ou menor, de acordo com a época e intensidade do déficit (CUNHA; BERGAMASCHI, 1992). A disponibilidade de água é fator decisivo no potencial de produção e rendimento, no período compreendido entre os 3º e 5º estádios (plantas com doze folhas e florescimento e polinização, respectivamente), ou seja, com 85 a 90% da área foliar e florescimento até o estádio de enchimento dos grãos (FANCELLI; DOURADO NETO, 1996).

Segundo Pereira et al. (1997), o déficit hídrico é caracterizado quando o solo não contém água disponível às plantas, ou seja, a taxa de evapotranspiração fica mais dependente das características físico-hídricas do solo do que da demanda atmosférica e, numa segunda situação, quando o solo contém água disponível, mas a planta não é capaz de absorvê-la em velocidade e quantidade suficiente para atender à demanda atmosférica.

De acordo com Doorenbos e Kassan (1994), para uma boa produção o milho de ciclo médio requer de 500 a 800 mm de água, dependendo do clima. Fancelli (1991) descreve uma exigência mínima de 300 a 350 mm de água para uma produção satisfatória sem uso de irrigação, porém, essa quantidade deve ser bem distribuída durante o ciclo da cultura. Henckel (1964) afirmou que se houver deficiência hídrica uma semana após a emissão das anteras, pode ocorrer queda de 50% na produção; deficiências posteriores resultarão em danos da ordem de 25 a 30%. De acordo com Aldrich et al. (1982) dois dias de estresse hídrico no florescimento diminui o rendimento em mais de 20% e, de quatro a oito dias, em mais de 50%.

Devido ao milho apresentar um período crítico definido, muitos pesquisadores tentam explicar o que ocorre no intervalo compreendido entre a pré-floração e o enchimento de grãos. Por isso, Guei e Wasson (1992) constataram que as datas de florescimento masculino e feminino, bem como o intervalo antese-emissão dos estigmas são influenciados por estresse de água e temperatura. Assim, o intervalo da emergência do pendão até o aparecimento dos estigmas aumenta, de três a quatro dias, com déficit hídrico, fazendo com que, por falta de polinização, se desenvolvam espigas estéreis ou com poucos grãos (HERRERO; JOHNSON, 1981).

Pegorare et al. (2009) avaliando diferentes lâminas de irrigação em milho safrinha, verificaram que houve incremento na produtividade com maiores lâminas de água, mantendo a tensão de água no solo em torno de 5 kPa, e que o acúmulo de massa seca dos componentes de produção foi linear com as lâminas de irrigação aplicadas.

Diversos trabalhos sugerem que as falhas reprodutivas em milho ocorrem porque o suprimento de assimilados em plantas deficientes em água não é suficiente para manter o crescimento de todos os novos zigotos formados (BOYLE et al., 1991; SHUSSLER; WESTGATE, 1991; ZINSELMEIER et al., 1995). Outra causa pode ser a inibição do alongamento do estilete e o retardamento na emergência dos estigmas, que

fazem com que estes fiquem menos expostos à polinização (WESTGATE; BOYER, 1985; BASSETI; WESTGATE, 1993).

Todo e qualquer fator que interfira na fotossíntese irá afetar o acúmulo de matéria seca. Fatores como nutrição mineral, radiação e disponibilidade hídrica, interferem significativamente na fotossíntese. Dentre estes, a disponibilidade de água desempenha papel preponderante, pois, além de propiciar a entrada de CO_2, ela promove o resfriamento do vegetal, interferindo, desta forma, na taxa de fotossíntese e de respiração (CHARLES-EDWARDS, 1982).

A deficiência de água, principalmente nas fases de floração e enchimento de grãos é responsável pela redução do número de espigas, do número de grãos na espiga e da massa de grãos, componentes diretamente envolvidos na produtividade (JENSEN, 1981).

Bergonci et al. (2001) avaliando a eficiência da irrigação e o efeito do déficit hídrico sobre o rendimento de grãos e o acúmulo de matéria seca da parte aérea do milho, nos anos agrícolas 1993/94 a 1996/97 em Eldorado do Sul-RS, verificaram que o déficit hídrico que ocorre no período vegetativo interfere pouco no rendimento, pois não afeta significativamente o número de grãos por espiga. Já a maior eficiência da irrigação para rendimento de grãos e para produção de matéria seca verifica-se quando o déficit hídrico ocorre no estádio de pendoamento e na fase exponencial de crescimento, respectivamente. Em relação à irrigação o mesmo autor constatou que a maior eficiência da irrigação para rendimento de grãos ocorre com níveis de irrigação em torno de 80 a 85% da capacidade de campo, apesar destas lâminas não interferirem significativamente no rendimento de grãos.

O cultivo do milho irrigado é de suma importância para aumentar a produção. Além disso, a produtividade dessa cultura, em condições irrigadas, pode ser superior em 30 a 40% em relação à área de sequeiro. Nessa situação, a cultura do milho pode ser uma opção bastante interessante principalmente na entre safra (BORGES, 2003).

Geralmente, a quantidade total de água necessária para a irrigação é calculada levando-se em consideração fatores agrometeorológicos,

evapotranspiração real, capacidade de armazenamento de água do solo e profundidade efetiva do sistema radicular (BERNARDO, 1989; KLAR, 1991; MAROUELLI et al.,1994).

2.3 Água disponível no solo

O solo é um material poroso que retém a água por capilaridade e adsorção. Se um solo é encharcado, a água drena para as camadas mais profundas, fora do alcance das raízes. Se não houver perdas por evapotranspiração, depois de um a dois dias para solos mais arenosos, estabelece-se um equilíbrio entre as forças capilares e de adsorção e força gravitacional: a drenagem cessa e o solo atinge a Capacidade de Campo (CC) (BERNARDO, 1997).

A medida que o milho absorve água do solo, a umidade do solo diminui, até atingir a Umidade Crítica (UC), ponto que compromete o pleno desenvolvimento da cultura, correspondente a 50 kPa. Se o milho continuar absrovendo água do solo, em um determinado momento pode-se chegar ao Ponto de Murcha Permanente (PMP), umidade na qual a planta não consegue mais retirar água no solo, que é de 1500 kPa. A quantidade de água do solo entre a CC e o PMP é denominada água disponível no solo (BERNARDO, 1997).

Quando a água está no solo significa que ela está retida por uma determinada tensão. Normalmente, defini-se que a água está na CC quando se encontra retida a uma tensão de 10 kPa, em solos arenosos do Cerrado (BERNARDO et al., 2006).

2.4 Tensiometria

O monitoramento do nível de umidade no solo, na zona de maior atividade das raízes, tem sido recomendado com uma das formas mais eficazes para verificação da efetividade das irrigações. Esse acompanhamento pode ser realizado, indiretamente, por meio de medidas da tensão em que a água se encontra retida no solo. Com essas medidas, tanto superficiais quanto em profundidade, é possível identificar se o solo

está suficientemente seco para o reinício das irrigações ou suficientemente úmido para interromper sua aplicação. Essas medidas podem ser conseguidas, facilmente, utilizando o tensiômetro (AZEVEDO; SILVA, 1999).

O tensiômetro é um aparelho desenvolvido por Gardner em 1922 (CAMARGO et al., 1982), e empregado para medir a tensão com que a água está retida pelas partículas do solo, também conhecido por potencial matricial. Valores baixos indicam solo mais úmido e valores altos indicam solos mais secos (SILVEIRA; STONE, 2002).

Em comparação com outros métodos de controle da irrigação, o tensiômetro tem como vantagens: o conhecimento em tempo real da tensão de água no solo e, indiretamente do teor de água no solo; utilização do conceito de potencial, medindo diretamente a energia de retenção da água pelo solo; facilidade de uso, desde que convenientemente instalado, mantido e interpretado; e custo relativamente baixo e facilmente encontrado no comércio, possibilitando maior aplicação por parte de agricultores irrigantes (SILVEIRA; STONE, 2002).

O tensiômetro é constituído de uma cápsula porosa, geralmente feita de cerâmica (placa porosa) conectada a um manômetro através de um tubo, geralmente de PVC, preenchido com água (KLAR, 1988). De acordo com Coelho e Teixeira (2004) o princípio de funcionamento do tensiômetro baseia-se na formação do equilíbrio entre a solução do solo e a água contida no interior do aparelho. Caso a água do solo esteja sob tensão, ela exerce uma sucção sobre o instrumento, retirando água deste, fazendo com que a pressão interna diminua.

A curva característica de retenção de água no solo quantifica e representa o conteúdo de água que pode ser retido em um solo submetido a um determinado potencial mátrico, sendo o nome que se dá ao resultado gráfico da variação do conteúdo de água do solo em função do potencial mátrico. A palavra curva vem do formato da linha representativa da variação da umidade em relação à tensão que é curva, já a palavra característica advém do fato de ser este um comportamento característico de cada solo

(QUEIROZ, 2007). Por isso para a utilização do tensiômetro é preciso que seja realizada a curva de retenção do solo para que seja obtida a interpretação correta da tensão amostrada.

Dessa forma, o tensiômetro é um instrumento que indica o momento de se irrigar e consequentemente o momento em que se deve parar, além de indicar a quantidade de água a ser aplicada, verificada na curva de retenção (KLEIN, 2001; FERNANDES, 2008). Para cada tipo de solo há um volume de reservatório de água para as plantas. Solos arenosos com macroporosidade elevada reterão pequena quantidade de água, implicando, portanto, em irrigações com maior frequência. Entretanto, em solos argilosos com microporosidade elevada deverão armazenar uma maior quantidade de água, implicando em maiores intervalos entre as irrigações (SAAD, 2012). Embora o uso de tensiômetros para o manejo da irrigação possa aparentar custos para o produtor, na verdade representa economia, pois supri a demanda da cultura naquele momento evitando desperdícios com a aplicação de uma quantidade maior de água que a necessária.

2.5 Nitrogênio no solo

Durante o processo de formação do solo a presença do nitrogênio foi originário quase que exclusivamente da atmosfera, onde se encontra sob a forma de nitrogênio molecular ou gás nitrogênio (N_2), que representa cerca de 78% dos gases atmosféricos. No entanto, os organismos eucariontes são incapazes de absorver o N_2 e convertê-lo a uma forma assimilável, pois sua molécula é bastante estável, decorrente da grande força da tripla ligação covalente apolar. Assim, a atividade da biomassa do solo (macro e microorganismo) é de fundamental importância na captação e disponibilização do nitrogênio no sistema solo-planta-animal (ADUAN et al. 2003).

De acordo com Raij (1991) existem dois mecanismos de ocorrência natural que garantem o suprimento de nitrogênio no solo. O primeiro é a transformação ocorrida na atmosfera, em que o N_2 é convertido em óxidos através de descargas elétricas. Esses óxidos são convertidos em ácido

nítrico e penetram no solo pela água da chuva, ficando disponíveis para a planta na forma de nitratos. A segunda é a fixação biológica do nitrogênio presente no ar. Este processo se dá por meio de microorganismos como fungos, bactérias e algas, porém com maior destaque para as bactérias *Rizobium, Azobacter* e *Beijerinkia.* Outro método de adição de nitrogênio ao solo é através da fertilização mineral ou orgânica (MALAVOLTA, 2006).

Sabe-se que o nitrogênio tem alto dinamismo no solo, ocorrendo diversas transformações químicas e biológicas. Devido seu baixo efeito residual, e sua alta exigência pelas culturas, a adubação nitrogenada é feita em maior quantidade, e com mais freqüência que os demais nutrientes (LANGE, 2002). Por ser elemento muito dinâmico no solo, o nitrogênio pode sofrer perdas por um ou diversos processos como volatilização, desnitrificação, lixiviação, escoamento superficial e pela remoção das culturas (DE DATTA, 1981). Pavinato et al. (2008) verificaram que doses entre 120 e 160 kg ha^{-1} de nitrogênio podem ser tomadas como base para altas produtividades de grãos e maior retorno econômico para a cultura do milho.

A maior parte do nitrogênio disponível às culturas provém da interação entre a fertilização nitrogenada e imobilização do nitrogênio dos resíduos de culturas e do nitrogênio da matéria orgânica do solo (SAMPAIO; SALCEDO, 1993). O nitrogênio quando aplicado ao solo sob a forma de fertilizantes minerais ou de adubos verdes segue diferentes caminhos: uma parte é absorvida pelas plantas; outra, perdida do sistema solo-planta por processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação (LARA CABEZAS et al., 2004) e o restante permanece no solo, predominantemente na forma orgânica (AMADO et al., 2002).

O nitrogênio encontrado na forma orgânica, para que seja absorvido pelas plantas é necessário ser convertido na forma inorgânica. O processo de transformação de nitrogênio orgânico em nitrato é chamado de mineralização e é composto pelos processos de amonificação e nitrificação. Já a imobilização se caracteriza pela utilização do nitrogênio mineral disponível durante o processo microbiano, ocorrendo simultaneamente a

mineralização (MELLO et al., 1985). A nitrificação, ou oxidação do nitrogênio amoniacal (NH_4^+) para nitrato (NO_3^-), é realizada no solo por bactérias quimioautotróficas, que obtêm energia no processo e que podem sintetizar a biomassa microbiana a partir do CO_2. Havendo carbono (C) disponível, o nitrogênio na forma amoniacal no solo é rapidamente assimilado por microrganismos à biomassa microbiana. Porém, em solos, a limitação de carbono e de energia são mais comuns e, com estas condições, o amônio (NH_4^+) é consumido pelos microrganismos nitrificadores e rapidamente oxidado para nitrito (NO_2^-), em seguida para nitrato (NO_3^-), ocorrendo a predominância de nitrogênio nesta forma nos solos em condições aeróbias (CANTARELLA, 2007).

2.6 Nitrogênio na planta

O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos do milho, pois o nitrogênio exerce importante função nos processos bioquímicos da planta. Ele é constituinte de proteínas, coenzimas, ácidos nucléicos, fitocromos, ATP (Adenosina Tri-fosfato), clorofila e inúmeras enzimas (JAKELAITIS et al., 2005), influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Portanto a adubação nitrogenada influencia não só a produtividade, mas também a qualidade do produto em conseqüência do teor de proteína nos grãos de milho (FERREIRA et al., 2001). Por isso o milho é uma cultura muito exigente em fertilizante nitrogenado associado com a atividade metabólica do carbono, tendo este papel direto na acumulação de massa seca nos grãos (MACHADO et al., 1992).

O uso racional da adubação nitrogenada é fundamental, não somente para aumentar a eficiência de recuperação, mas também para aumentar a produtividade da cultura e diminuir o custo de produção (FAGERIA et al., 2007). Segundo Raij (1991), a adubação nitrogenada em excesso pode causar um desenvolvimento vegetativo excessivo, em detrimento da produção de tubérculos ou raízes, proporcionar folhas mais suculentas e

susceptíveis a doenças, reduzir a produção de frutos e o teor de açúcares, e predispor a cultura ao acamamento.

A absorção de nitrogênio pelo milho é mais intensa no período entre 40 e 60 dias após a germinação, mas a planta ainda absorve pequena quantidade na germinação e após o início do florescimento, caracterizando dessa forma três fases para absorção: uma fase no crescimento inicial lento (germinação), uma fase no crescimento rápido onde 70 a 80% de toda a matéria seca é acumulada, e uma última fase de absorção na qual o crescimento é novamente lento acumulando cerca de 10% de massa seca total da planta (FRANÇA et al., 1994). Portanto, as exigências de nitrogênio pelo milho são mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando um pico durante o florescimento até o início de formação dos grãos (ARNON, 1975).

Quando a adubação nitrogenada é feita mais tardia, o nitrogênio é fornecido à planta na época em que sua absorção é máxima, o que ocorre duas a três semanas antes da floração (RUSSELLE et al., 1983), apesar da absorção do nitrogênio pelo milho continuar até próximo à maturidade (ANDRADE, 1975).

Segundo Larcher (2000), o nitrogênio atua sobre o tempo de duração da folha, sua deficiência prejudica o movimento estomático e uma oferta excessiva causa aumento na respiração, ocasionando um menor rendimento fotossintético.

As plantas crescem lentamente quando há deficiência de nitrogênio, ficando com aparência raquítica e amarelada quando comparadas com plantas saudáveis, sendo que a deficiência de nitrogênio limita a produção de proteínas e de outros compostos essenciais para a produção de novas células. O amarelecimento causado pela deficiência de nitrogênio é normalmente mais pronunciada em tecidos mais velhos, especialmente junto às nervuras, uma vez que a clorofila decompõe-se e desaparece dessas áreas. Uma coloração marrom amarelada surge junto às nervuras nas pontas das folhas mais velhas e segue em direção às nervuras centrais

das folhas, onde parte do nitrogênio dessas áreas é deslocada e utilizando nas partes mais jovens da planta (TROEH; THOMPSON, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no período de março a junho de 2012, realizado em ambiente protegido na Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, campus de Rondonópolis, com coordenadas geográficas de 16º28' Latitude Sul, 50º34' Longitude Oeste e altitude de 284 m.

O tipo climático regional é dominantemente o Aw de Köppen (Tropical Chuvoso), caracterizado por ser um clima quente e úmido, com duas estações definidas: uma chuvosa, e outra seca coincidente com o inverno, variando de três a cinco meses e iniciando geralmente em setembro.

No centro do experimento foi instalado um termohigrômetro para monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar (Figura 1), realizando-se as leituras diariamente às 16:00 hs, pois até este horário o aparelho já tinha registrado a temperatura máxima (em torno das 13:00 hs) e mínima do dia (madrugada), após as leituras o aparelho era zerado. Com isso verificou-se que a média da temperatura e umidade relativa do ar, durante a condução do experimento foram de 28,65℃ e 73,8%, respectivamente (Figura 2 e 3).

FIGURA 1. Termohigrômetro, utilizando para aferição da temperatura e umidade relativa do ar, no interior do ambiente protegido.

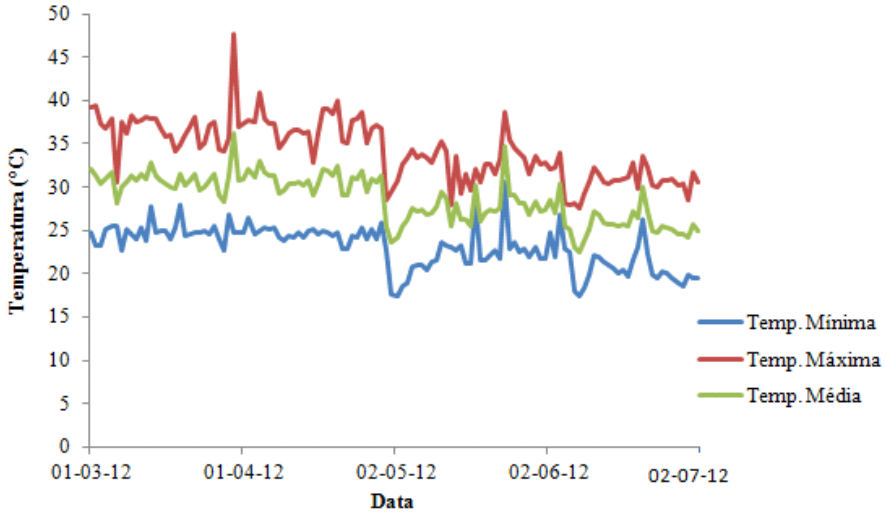

FIGURA 2. Variação da temperatura no ambiente protegido durante o experimento.

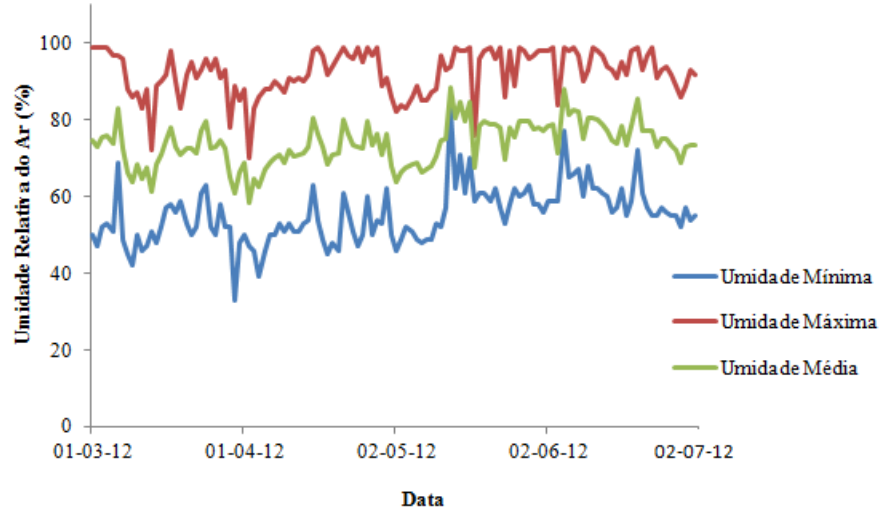

FIGURA 3. Variação da umidade relativa do ar (%) no ambiente protegido durante o experimento.

3.2 Delineamento estatístico e parcelas experimentais

No experimento utilizou-se o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 5x5, correspondente a cinco tensões de água no solo (15, 25, 35, 45 e 55 kPa) e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm^{-3}), com quatro repetições, totalizando 25 tratamentos, perfazendo um total de 100 parcelas experimentais. As unidades experimentais foram representadas por vasos plásticos com capacidade de 18 dm^3 de solo, sendo o posicionamento dos tratamentos demonstrado de acordo com o croqui (Figura 4).

(15 KPa 100 N)	35 KPa 50 N	25 KPa 150 N	25 KPa 50 N	(25 KPa 100 N)
55 KPa 0N	25 KPa 200 N	(55 KPa 100 N)	45 KPa 150 N	55 KPa 50 N
55 KPa 150 N	35 KPa 200 N	45 KPa 200 N	35 KPa 150 N	45 KPa 50 N
15 KPa 0 N	(35 KPa 100 N)	55 KPa 200 N	(45 KPa 100 N)	15 KPa 50 N
45 KPa 0 N	35 KPa 0N	15 KPa 200 N	25 KPa 0 N	15 KPa 150 N

Bloco 4

(55 KPa 100 N)	25 KPa 50 N	15 KPa 150 N	25 KPa 200 N	25 KPa 150 N
15 KPa 50N	35 KPa 0 N	(15 KPa 100 N)	55 KPa 200 N	(25 KPa 100 N)
45 KPa 150 N	55 KPa 150 N	55 KPa 0 N	35 KPa 200 N	35 KPa 150 N
45 KPa 200 N	(45 KPa 100 N)	35 KPa 50 N	(35 KPa 100 N)	45 KPa 0 N
25 KPa 0 N	55 KPa 50 N	15 KPa 200 N	45 KPa 50 N	15 KPa 0 N

Bloco 3

55 KPa 150 N	45 KPa 200 N	25 KPa 50 N	15 KPa 0 N	(35 KPa 100 N)
35 KPa 50 N	35 KPa 200 N	(25 KPa 100 N)	35 KPa 0 N	55 KPa 200 N
55 KPa 50 N	(45 KPa 100 N)	35 KPa 150 N	45 KPa 0 N	45 KPa 150 N
(55 KPa 100 N)	25 KPa 0 N	55 KPa 0 N	(15 KPa 100 N)	25 KPa 200 N
25 KPa 150 N	15 KPa 200 N	15 KPa 50 N	15 KPa 150 N	45 KPa 50 N

Bloco 2

(25 KPa 100 N)	(15 KPa 100 N)	(45 KPa 100 N)	45 KPa 150 N	25 KPa 50 N
55 KPa 0 N	25 KPa 150 N	35 KPa 50 N	(55 KPa 100 N)	35 KPa 200 N
45 KPa 200 N	35 KPa 150 N	15 KPa 150 N	45 KPa 0 N	15 KPa 200 N
55 KPa 50 N	45 KPa 50 N	15 KPa 0 N	25 KPa 0 N	55 KPa 200 N
25 KPa 200 N	55 KPa 150 N	35 KPa 0 N	(35 KPa 100 N)	15 KPa 50 N

Bloco 1

FIGURA 4. Localização e divisão dos tratamentos no experimento. Os tratamentos marcados com um círculo são os vasos onde estavam instalados os tensiômetros.

3.3 Coleta e caracterização do solo

O solo utilizado foi proveniente da camada arável (0-20 cm) de LATOSSOLO Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2009) de textura média, coletado em área de cerrado nativo, no Campus Universitário e Rondonópolis, em seguida peneirado com malha 4 mm e homogeneizado para inserção nos vasos e uma amostra com malha 2 mm para realização da análise química e granulométrica de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1997).

As características químicas do solo foram verificadas por meio análise do solo (Tabela 2). A calagem foi realizada para elevação da saturação por bases para 60% (SOUZA;LOBATO, 2002). A correção da acidez foi realizada aplicando-se calcário com PRNT de 80,3% no solo e incubados por 30 dias, mantendo o solo nesse período com umidade a 60% da capacidade de campo. O solo foi caracterizado como franco arenoso, com percentuais de argila, areia e silte de 421, 496 e 83 g Kg^{-1}, respectivamente.

Tabela 2. Análise química do LATOSSOLO Vermelho distrófico coletado na camada de 0-20 cm em área de cerrado nativo

pH	Ca	Mg	Al	H	CTC	M.O.	P	K	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S	V
$CaCl_2$	----------$cmol_c\ dm^{-3}$----------					$g\ dm^{-3}$	----------$mg\ dm^{-3}$----------								%
4,0	0,2	0,1	0,9	2,8	4,356	12,8	1,1	22	0,8	0,4	161	14,8	0,2	6,8	8,9

3.4 Curva de retenção de água no solo

A análise da curva de retenção de água no solo foi realizada no laboratório de hidráulica da UFMT, Campus Universitário de Rondonópolis. O solo utilizado foi da própria unidade experimental, coletado com anel volumétrico (anel de Köpeck).

Após o acondicionamento do solo nos vasos, as amostras foram adequadamente retiradas, levadas ao laboratório, preparadas e colocadas para saturação. Para cada ponto analisado foram realizadas três repetições. Para os pontos de baixa tensão 0,1; 0,3; 0,5 e 1 kPa obteve-se os dados a

partir do funil de placa porosa (funil de Haines) interligado a uma proveta graduada. Nos pontos de 1,5; 5; 10 e 20 kPa, analisou-se as amostras na mesa de tensão. Já os pontos de altas tensões 10 e 1500 kPa, capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente, foram obtidos através da câmara de pressão de Richards, conforme procedimentos descritos por Libardi (2005).

Os resultados de retenção foram interpolados pela equação de Van Genuchten, dada a seguir (eq.1), com o auxílio do programa computacional Soil Water Retention Curve (versão 3.0), desenvolvido por Dourado Neto et al. (2000), que descrevem o comportamento da umidade do solo em função da tensão (Figura 5).

$$\theta v = \theta r + \frac{\theta s - \theta r}{[1 + (\alpha|\Psi m|)^n]^m} \qquad (1)$$

Em que:

θ - umidade a base de volume, em $cm^3\ cm^{-3}$;

θr - umidade residual, em $cm^3\ cm^{-3}$;

θs - umidade de saturação, em $cm^3\ cm^{-3}$;

Ψm - Potencial matricial, em cm;

α, m,n - parâmetros do modelo.

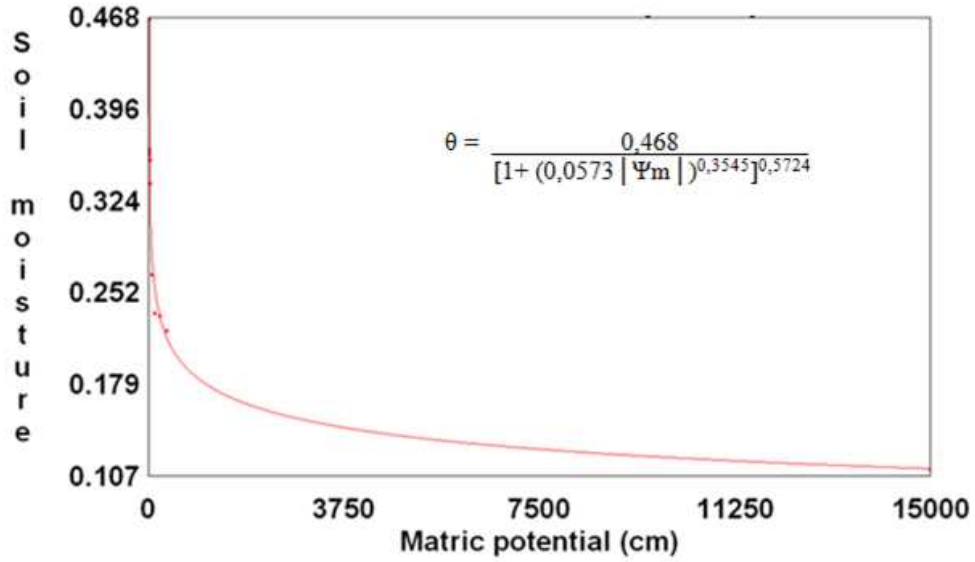

FIGURA 5. Curva de Van Genuchten - Retenção de água no solo, gerada pelo programa Soil Water Retention Curve (versão 3.0) e a equação da umidade do solo com os dados obtidos.

O monitoramento da tensão de água no solo foi realizado utilizando-se um tensímetro digital com a sensibilidade de 0,1 kPa. O manejo de água (momento e volume de irrigação) foi realizando com base na avaliação da tensão de água no solo. A irrigação foi realizada após três tensiômetros, dos quatro existentes para cada tratamento, atingiram as tensões propostas.

O volume de água aplicada por irrigação foi calculada com base na curva de retenção de água no solo, sendo que toda irrigação realizada foi feita elevando-se a umidade do solo à capacidade de campo (10 kPa) (BERNARDO et al., 2006).

Com as tensões observadas, foram calculadas as umidades correspondentes, a partir da curva de retenção. De posse dessas umidades e com a correspondente à capacidade de campo, foi calculado o volume de reposição por meio da equação:

$$V = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) \times 18000 \qquad (2)$$

Em que:

V - volume de água, em cm^3;

θ_{cc} - umidade na capacidade de campo, em $cm^3\ cm^{-3}$;

θ_{atual} - umidade na tensão de cada tratamento, em $cm^3\ cm^{-3}$;

18.000 - volume de solo no vaso, em cm^3.

3.5 Instalação dos tensiômetros

Para a instalação dos tensiômetros, os mesmos foram deixados 48 horas com as cápsulas submersas em água destilada, para a retirada de ar da cápsula porosa. Após este período os tensiômetros foram instalados a 20 cm de profundidade, na zona efetiva do sistema radicular, próximo ao centro do vaso, com o auxílio de um trado de rosca (Figura 6). Foram instalados cinco tensiômetros em cada bloco, totalizando 20 tensiômetros no experimento.

Os tensiômetros foram instalados nos tratamentos com doses de nitrogênio de 100 mg dm^{-3} de cada tensão analisada (15, 25, 35, 45 e 55 kPa).

FIGURA 6. Instalação dos tensiômetros, na unidade experimental.

3.6 Aplicação de nutrientes

A adubação de plantio foi realizada utilizando-se adubação fosfatada (P_2O_5) de 160 mg dm^{-3} e adubação potássica (K_2O) de 75 mg dm^{-3}, utilizando-se como fontes o susperfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente, conforme adaptação de Bonfim-Silva et al. (2011). Os adubos foram incorporados ao solo por meio de escarificação nos vasos (Figura 7).

FIGURA 7. Incorporação dos adubos super-fosfato simples e cloreto de potássio no solo na unidade experimental, um dia antes do plantio.

Realizou-se a adubação com micronutrientes aos 17 dias após a emergência da planta, de acordo com Bonfim-Silva e Monteiro (2010), utilizando-se 1,39 mg dm^{-3} de H_3BO_3 (Ácido Bórico); 2,61 mg dm^{-3} $CuCl_2.2H_2O$ (Cloreto de Cobre Dihidratado); 2,03 mg dm^{-3} $ZnCl_2$ (Cloreto de Zinco) e 0,36 mg dm^{-3} MoO_3 (Ácido Molibdico).

Na adubação nitrogenada, a uréia foi aplicada na forma de solução e parcelada em três aplicações: 50% com 5 a 7 folhas completamente expandidas, 25% de 9 a 12 folhas e 25% com 16 folhas.

3.7 Cultivo do milho – Condução geral do experimento

O híbrido de milho utilizado no experimento foi o DKB 390 PRO, classificado como híbrido simples, de ciclo precoce, com arquitetura foliar semiereta, alta sanidade de colmo, boa resistência ao acamamento e com finalidade de produção de grãos.

A semeadura foi realizada no dia 28 de fevereiro de 2012, com cinco sementes por vaso, na profundidade de 5 cm. A emergência das plantas ocorreram em 03 de março de 2012. O primeiro desbaste acorreu com 4 dias após a emergência (DAE), deixando duas plantas por vaso. Aos 11 DAE foi realizada a primeira adubação nitrogenada com 50% das doses de cada tratamento. No mesmo dia ocorreu o segundo desbaste deixando apenas uma planta por vaso. A segunda e terceira adubação nitrogenada ocorreram aos 40 e 47 DAE, ambas com 25% do total utilizado.

Desde o plantio até os 32 DAE, o solo foi mantido a umidade próxima a tensão de água no solo de 10 kPa (Capacidade de Campo), sendo que após este período iniciou-se os tratamentos com as tensões. As tensões foram acompanhadas duas vezes ao dia, no período da manhã (entre 7:30 e 9:00 hs) e à tarde (entre 15:30 e 17:00 hs). Logo após cada leitura, realizaou-se a irrigação, quando necessário, sendo a irrigação realizada manualmente.

A colheita foi realizada no estágio R6 de maturidade fisiológica do milho com 122 DAE, onde todas as plantas já estavam com o processo de senescência natural das folhas finalizado.

3.8 Variáveis analisadas

Foram avaliadas as seguintes características:

- *Altura de planta*: foi realizada medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo e o ponto de inserção da última folha utilizando-se trena graduada;
- *Diâmetro do colmo*: medido com paquímetro a 3 cm do solo;
- *Número de ramificações do pendão*: contagem do número de ramificações do pendão;
- *Massa seca da parte aérea* (MSPA): as plantas foram cortadas rente ao solo e divididas em massa seca das folhas (MSF), massa seca do colmo (MSC) e massa seca do pendão (MSP). Estes eram colocados em sacos de papel, identificadas e transferidas para estufa a 65 ℃ até obtenção de massa constante;
- *Massa seca de raiz* (MSR): as raízes foram lavadas, secas a sombra por 24 horas e posteriormente foram colocadas em sacos de papel, identificadas e transferidas para estufa a 65℃ até obtenção de massa constante.
- *Altura da inserção da primeira espiga*: verificada pela distância do solo até a inserção da espiga no colmo;
- *Massa da espiga com palha:* verificada em balança de precisão (0,01g).
- *Massa da espiga sem palha*: verificada em balança de precisão (0,01g).
- *Comprimento da espiga*: foi utilizada uma régua milimetrada;
- *Massa de 100 grãos*: antes da pesagem a umidade foi corrigida para 13%;
- Massa do sabugo seco: verificada em balança de precisão (0,01g).

As massas das espigas com e sem palha, massa de 100 grãos e massa de sabugo seco foram determinadas por meio de uma balança digital.

3.9 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2008), com análise de variância e teste de regressão a nível de significância até 5% de probabilidade. Na verificação da correlação de Pearson entre as variáveis analisadas utilizou-se o software estatístico ASSISTAT, versão 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Altura de Planta

Com relação à analise da altura de planta de milho (Figura 8), verificou-se de acordo com o modelo estatístico aplicado que não houve interação significativa entre as tensões de água no solo e as doses de nitrogênio, porém ocorreu efeito isolado para a tensões de água no solo avaliadas, a qual se ajustou ao modelo quadrático de regressão.

FIGURA 8. Análise da altura da planta de milho, em ambiente protegido.

A tensão que proporcionou a maior altura de planta (230,45 cm) foi de 16,16 kPa (Figura 9)., sendo que houve uma redução de 19,5% quando compara-se a tensão de máxima altura de planta com a tensão de 55 kPa (186,10 cm).

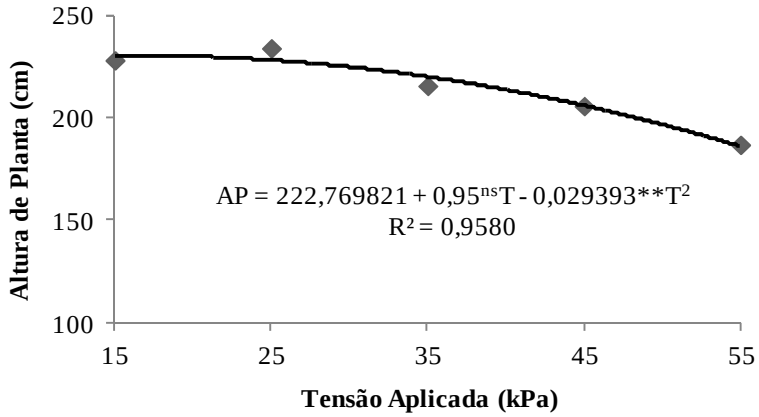

FIGURA 9. Altura de planta de milho em função das tensões de água no solo aplicadas. ns Não Significativo,**Significativo a 1% de probabilidade.

Araújo et al. (1999) analisando doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 Kg ha^{-1}) e lâminas de irrigação (L25%, L50%, L75% e L100% de reposição de água) aplicadas quando o tensiômetro atingia 25 kPa em milho, verificaram um ajuste linear entre a lâmina de irrigação e a variável altura de plantas, independentemente da adubação nitrogenada.

Silva (1990) que não observou efeito das doses de nitrogênio sobre a altura de plantas de milho, o mesmo resultado foi verificado no presente trabalho. A altura de planta de 1,45 m foi encontrada por Farinelli et al. (2003) para o híbrido DKB 350, plantado na safrinha sem nenhum tipo de irrigação.

A altura da planta possui ligação íntima com a produtividade de massa seca (MELLO et al., 2004), por isso é importante fazer sua verificação.

O crescimento da planta depende da água absorvida que causa a expansão celular, e o transporte de substâncias que ocorre em meio aquoso, por isso possivelmente as plantas submetidas as maiores tensões obtiveram

as menores alturas de planta. Quando o tratamento atingia a tensão pré-estabelecida de 55 kPa, foi possível visualizar que as folhas das plantas nos vasos ficavam murchas, o que causava um estresse maior neste tratamento (Figura 10). Quando uma planta está sob déficit hídrico intenso, os estômatos são fechados para reduzir a transpiração, o que também reduz a fotossíntese e, consequentemente a produção de fotoassimilados, reduzindo o crescimento da planta e interferindo na produção final.

FIGURA 10. Visualização da planta de milho em ambiente protegido quando a tensão atingia 55 kPa (planta central selecionada com elipse branca).

4.2 Diâmetro do colmo

Houve interação significativa para o diâmetro do colmo entre as doses de nitrogênio e as tensões aplicadas. No desdobramento da variável diâmetro do colmo para as tensões de água no solo, pela análise de variância, somente as doses de 100 e 150 mg dm^{-3} de nitrogênio obtiveram significância (Figura 11), ajustando-se ao modelo quadrático de regressão. Na dose de 100 mg dm^{-3} o valor máximo para diâmetro do colmo foi de 19,9 mm obtido com a tensão de 26,61 kPa. Com a dose de 150 mg dm^{-3} de

nitrogênio, o menor diâmetro do colmo verificado (16,48 mm) foi obtido para a tensão de 40,97 kPa, enquanto que o valor máximo para o diâmetro do colmo, nesta dose de nitrogênio, foi de 19,74 mm com a tensão de 15 kPa.

Com o aumento da dose de nitrogênio não ocorreu variação expressiva do diâmetro do colmo, o que demonstra que seria economicamente viável utilizar a dose de 100 mg dm^{-3} de nitrogênio.

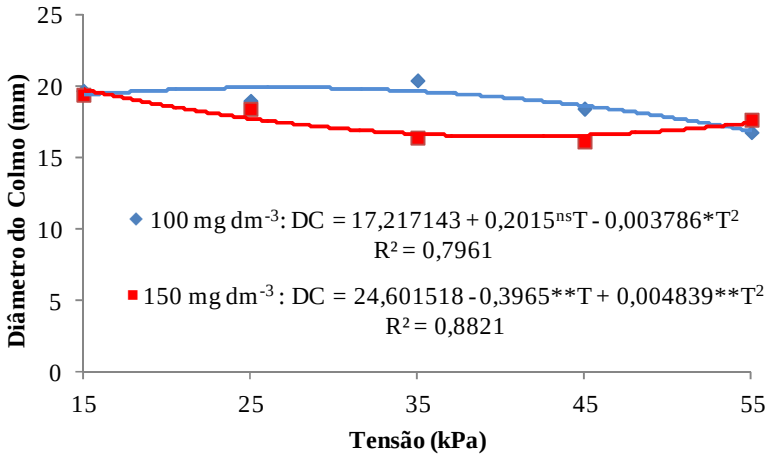

FIGURA 11. Diâmetro do colmo em função das tensões de água no solo, nas doses de 100 e 150 mg dm^{-3} de nitrogênio.
^{ns} Não Significativo. *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Já no desdobramento da variável diâmetro do colmo para as doses de nitrogênio, somente as tensões de 15, 35 e 45 kPa foram influenciadas a 1 % de probabilidade (Figura 12). O diâmetro do colmo para tensão de 15 kPa, com um coeficiente de determinação (R^2) de 95,04% indica que o modelo quadrático de regressão adotado descreveu bem a resposta dessa variável, onde o maior diâmetro obtido foi de 20,10 mm com a dose de 81,60 mg dm^{-3} de nitrogênio. Na curva de regressão quadrática para tensão de 35 kPa o maior diâmetro (19,78 mm) foi verificado com a dose de 71,63 mg dm^{-3} de nitrogênio. Para a tensão de 45 kPa houve um ajuste à modelo linear de regressão, ocorrendo decréscimo 16,46% no diâmetro do colmo, quando compara-se a menor dose (0 mg dm^{-3}) com a maior dose de nitrogênio aplicada (200 mg dm^{-3}).

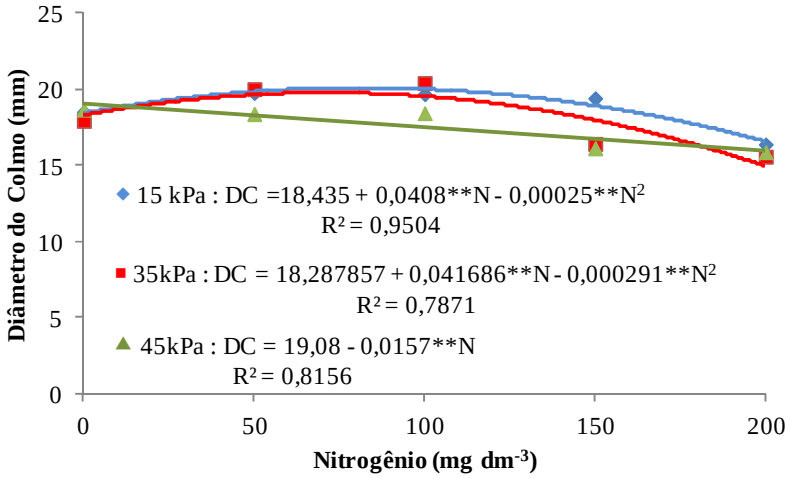

FIGURA 12. Diâmetro do colmo em função das doses de nitrogênio nas tensões de 15, 35 e 45 kPa.
** Significativo a 1% de probabilidade.

As doses de nitrogênio não causaram diferença significativa no diâmetro do colmo de milho para Lucena et al. (2000), que obtiveram na maior dose (160 Kg ha^{-1}), diâmetro de 13,7 mm e para a menor dose (40 Kg ha^{-1}), diâmetro de 13,5 mm, não corroborando com os resultados do presente trabalho.

O diâmetro médio dos caules de sorgo foi reduzido de 17,0 mm (maior disponibilidade de água no solo, ou seja, capacidade de campo) para 12,9 mm (menor disponibilidade de água no solo, 40% da capacidade de campo), o que correspondeu a um decréscimo de 24% (NASCIMENTO, 2008).

O nitrogênio atua no crescimento vegetativo, influenciando diretamente a divisão e a expansão celular e o processo fotossintético, promovendo aumento no diâmetro de colmo de milho (FORNASIERI FILHO, 2007; FARINELLI; LEMOS, 2010).

O colmo, além de suportar as folhas e partes florais, atua também como órgão de reserva. Tal acúmulo ocorre após o término do desenvolvimento vegetativo e antes do início do enchimento de grãos, já que, até esse ponto, todo carboidrato foi utilizado na formação de novas folhas (MAGALHÃES; PAIVA, 1993).

4.3 Massa seca do colmo

Após verificação da massa seca do colmo (Figura 13) dos tratamento propostos, verificou-se que ocorreu efeito isolado dos tratamentos para massa seca do colmo. A resposta linear para as tensões (Figura 14) demonstra que as menores tensões proporcionaram as maiores produções de massa seca do colmo e que a maior tensão teve um decréscimo de 25,53 % em relação a menor tensão para esta variável.

FIGURA 13. Pesagem em balança de precisão da massa seca do colmo de milho.

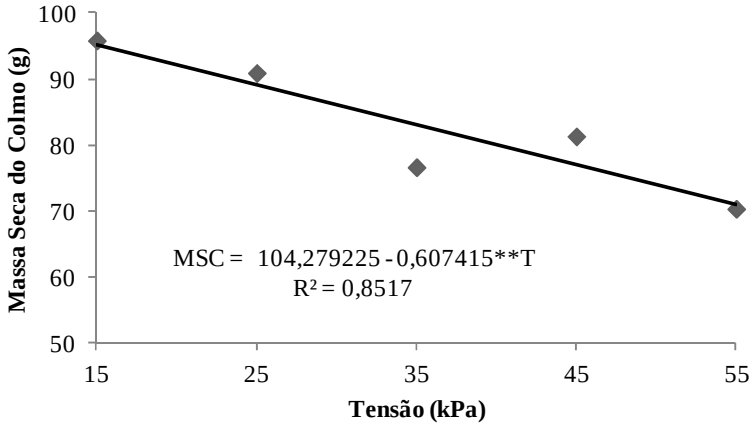

FIGURA 14. Massa seca do colmo de milho em função das tensões de água no solo, em ambiente protegido.
**Significativo a 1%.

A menor massa seca do colmo também foi encontrada em plantas de milho que sofreram um maior déficit hídrico por Vilela e Bull (1999). Resultados que também corroboram com Pegorare (2005) que verificou que quanto maior a lâmina de água, maior massa seca de colmo no estádio de maturação fisiológica do milho. Bonfim-Silva et al. (2012) observaram o maior valor de massa seca do colmo de plantas de sorgo quando submetidas a 84% da capacidade de campo.

Experimentos com remoção de folhas demonstram que o colmo diminui em massa, enquanto a espiga prossegue seu enchimento normal, indicando que há translocação de fotoassimilados do colmo para os grãos. Dessa forma, o estresse hídrico nessa etapa pode afetar o comprimento dos internódios, provavelmente pela inibição da elongação das células em desenvolvimento, reduzindo a capacidade de armazenagem de sintetizados no colmo (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2000).

Na avaliação das doses de nitrogênio, verificou-se a maior produção de massa seca do colmo (93,59 g) com a dose de 29,36 mg dm^{-3} de nitrogênio (Figura 15), após esta dosagem a massa seca do colmo diminui expressivamente o que demonstra que o nitrogênio pode ter sido transportado a outras partes de planta, como as folhas e espiga, para seu maior desenvolvimento.

Para Turco (2011) a massa seca do colmo respondeu de forma crescente até 300 kg ha^{-1} de uréia, onde também foi verificada a maior produtividade.

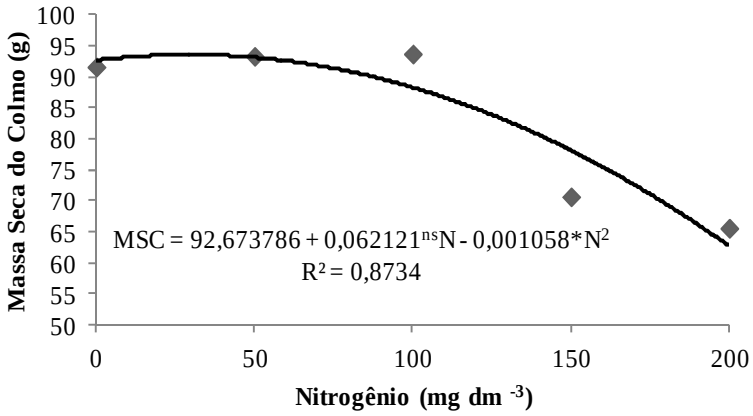

FIGURA 15. Massa seca do colmo do milho em função das doses de nitrogênio, em ambiente protegido.
ns Não Significativo. * Significativo a 5% de probabilidade.

O colmo da planta de milho funciona como um “pool” de reservas de carboidratos, que se acumula no período vegetativo e após são transportados para os órgãos reprodutivos quando necessário. Assim quanto maior o teor de massa seca no colmo, maior será o “pool” (PEGORARE, 2005).

4.4 Massa seca das folhas

Observou-se interação entre as doses de nitrogênio e as tensões de água no solo para a massa seca das folhas de milho. No desdobramento da variável massa seca das folhas para as tensões de água no solo, apenas na ausência da adubação com nitrogênio não obteve-se significância (Figura 16), enquanto que as outras doses de nitrogênio ajustaram-se ao modelo linear de regressão. Houve decréscimo na produção de massa de seca das folhas de 37,29; 44,03; 42,89 e 31,64% nas doses de 50, 100, 150 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio, respectivamente, quando comparou-se a menor tensão com maior tensão de água no solo. Portanto, quanto maior a tensão de água no solo, menor será a produção de massa seca das folhas, sendo que a maior produção (108,47 g) foi alcançada com a dose de 100 mg dm^{-3} de nitrogênio com a tensão de 15 kPa.

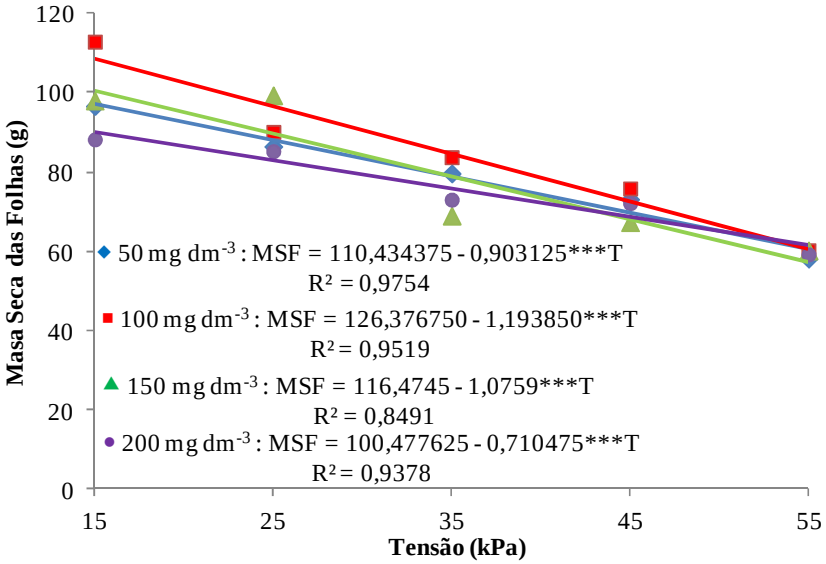

FIGURA 16. Massa seca das folhas de milho em função das tensões de água no solo, nas doses de 50, 100, 150 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio, em ambiente protegido.
***Significativo a 0,01% de probabilidade.

Na avaliação das doses de nitrogênio, apenas as tensões de 15 e 25 kPa foram significativas, pela análise de variância, ajustando-se ao modelo quadrático de regressão (Figura 17). A maior produção de massa seca de folhas (107,70 g) na interação com a tensão de 15 kPa ocorreu com a dose de 109,51 mg dm^{-3} de nitrogênio. Avaliando-se a tensão de 25 kPa, na interação, observa-se aumento da produção de massa seca das folhas até a dose de 126,88 mg dm^{-3} de nitrogênio, produzindo 95,11 g.

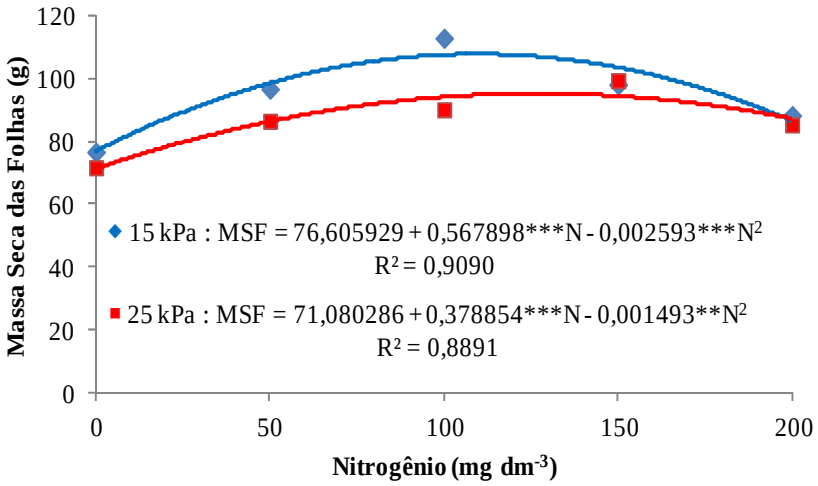

FIGURA 17. Massa seca das folhas de milho em função das doses de nitrogênio, nas tensões de 15 e 25 kPa, em ambiente protegido.
***, ** Significativo a 0,01 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Pegorare (2005) avaliando lâminas de água no solo não conseguiu verificar diferença significativa para esta variável no período de maturidade fisiológica do milho, mas conseguiu diferença no estádio de 12 folhas.

Segundo Vilela e Bull (1999) plantas de milho que sofrem um maior déficit hídrico produzem menor massa seca das folhas e menor quantidade de folhas (SOARES et al., 2012).

4.5 Massa seca do pendão

No estudo realizado para a massa seca do pendão, observou-se efeito isolado entre os tratamentos, ajustando-se a modelo linear de regressão. Em relação as tensões de água no solo, observou-se que as menores tensões proporcionaram as maiores médias para a massa seca do pendão (Figura 18). Verificou-se também uma redução de 32,30% na massa seca do pendão, comparando-se a menor tensão (15 kPa) com a maior tensão aplicada (55 kPa).

Na análise de variância para o número de ramificações do pendão não se verificou significância para a interação e para o efeito isolado dos tratamentos.

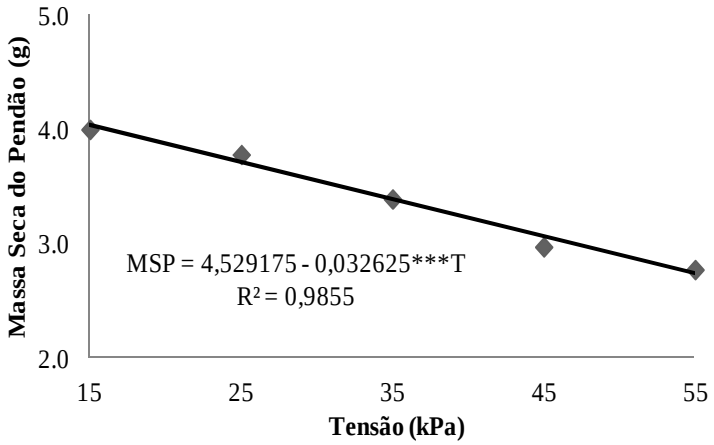

FIGURA 18. Massa Seca do Pendão do milho, em função das tensões de água no solo.
***Significativo a 0,1%.

Ao analisar as doses de nitrogênio, verifica-se que houve um incremento de 17,90% na massa seca do pendão do milho quando compara-se a maior dose de nitrogênio (200 mg dm^{-3}) aplicada com ausência da adubação nitrogenada (Figura 19).

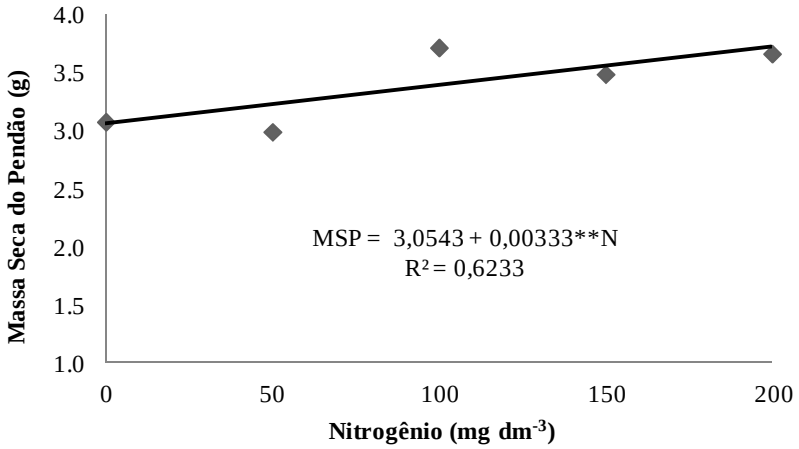

FIGURA 19. Massa Seca do Pendão do milho em função das doses de nitrogênio.
**Significativo a 1%.

Para o bom desenvolvimento da inflorescência masculina, a água pode se tornar um fator mais restritivo. No experimento foi observado que a inflorescência masculina foi muito antecipada da aparição do estilo-estigma,

nos tratamentos com menor disponibilidade hídrica. De acordo com Fancelli e Dourado-Neto (2000), fatores ambientais como deficiência hídrica e/ou de nutrientes, como a ocorrência de temperaturas elevadas podem antecipar a emissão do pendão em relação aos estilo-estigmas da espiga.

Estruturas apicais normalmente têm prioridade na utilização dos recursos disponíveis para o crescimento dos vegetais, especialmente de água, nutrientes e fotoassimilados. Por este motivo, o pendão, que possui uma posição apical, tende a controlar o desenvolvimento de outros órgãos da planta de milho (PATERNIANI, 1981).

Assim, o pendão pode suprimir o desenvolvimento adequado da espiga por meio de três diferentes mecanismos: sombreando as folhas superiores da planta, competindo diretamente por fotoassimilados e produzindo e exportando reguladores de crescimento em quantidades superiores às necessárias para o desenvolvimento da inflorescência feminina. A intensidade da competição entre o pendão e a espiga está relacionada com as condições de ambiente e com o tipo de manejo empregado na cultura, restrições na disponibilidade hídrica e incrementos excessivos na população de plantas, na qual são fatores que estimulam a dominância apical do pendão sobre as espigas (SANGOI; SALVADOR, 1998).

Para Nicoli et al. (1993) um pendão (Figura 20) pode liberar pólen por mais de uma semana, podendo um campo de produção ter polinização efetiva com duração entre 2 e 14 dias. Por outro lado, a receptividade de uma espiga ocorre tão logo os estilo-estigmas sejam liberados da palha. Havendo pólen viável, sua polinização é completada em até três dias após essa liberação. Caso contrário, esses estilo-estigmas podem permanecer receptivos ao pólen de 7 a 8 dias. Para se assegurar uma boa polinização, é essencial que haja uma perfeita coincidência entre a emergência dos estigmas das plantas das fileiras de fêmeas e a liberação de pólen dos pendões das plantas das fileiras de macho.

FIGURA 20. Visualização do pendão de milho, cultivado em ambiente protegido.

4.6 Massa seca da parte aérea

No presente experimento ocorreu interação entre as doses de nitrogênio e as tensões e água no solo na produção de massa seca da parte aérea. Quando verificou-se o desdobramento das tensões de água no solo, foi possível observar que as doses de 50, 100 e 150 mg dm^{-3} de nitrogênio foram significativas, ajustando-se ao modelo linear decrescente de regressão (Figura 21). O maior decréscimo na produção de massa seca da parte aérea ocorreu na dose de 100 mg dm^{-3} de nitrogênio, com 39,07% de perda na massa seca da parte aérea quando compara-se a tensão de 15 kPa com a de 55 kPa. Nesta mesma dosagem de nitrogênio ocorreu a maior produção de massa seca da parte aérea com 226,28 g na tensão de 15 kPa. Houve redução na proporção de 36,81 e 32,93% de massa seca da parte aérea nas doses de 50 e 150 mg dm^{-3} de nitrogênio, respectivamente, da menor tensão (15 kPa) para a maior tensão avaliada (55 kPa). Com isso, verifica-se que as menores tensões proporcionaram as maiores produções de massa seca da parte aérea no milho.

Bergonci et al. (2001) avaliando produção de matéria seca da parte aérea do milho no Estado do Rio Grande do Sul, constataram que houve redução da matéria seca de 46,30% do tratamento com irrigação, umidade

do solo mantido na capacidade de campo, em relação ao tratamento sem irrigação.

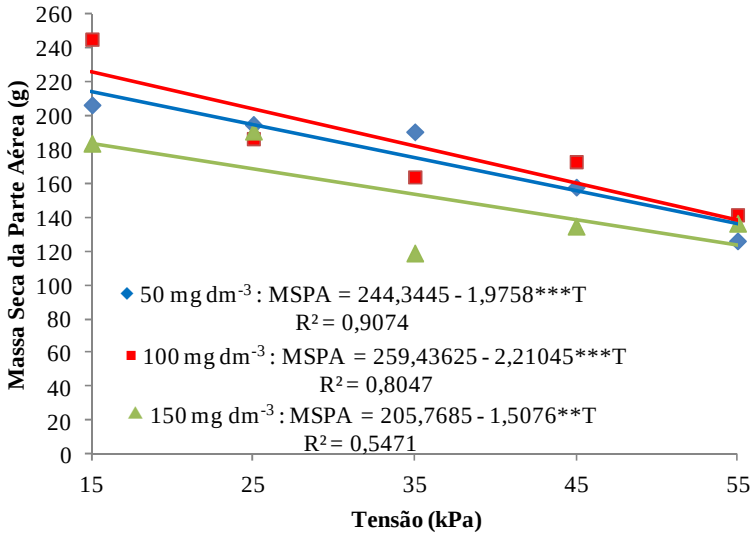

FIGURA 21. Massa seca da parte aérea em função das tensões de água no solo, nas doses de 50, 100 e 150 mg dm^{-3} de nitrogênio.
***, ** Significativo a 0,01 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Nascimento (2008) observou uma redução de 33,3% na massa seca da parte aérea do sorgo em tratamento com maior disponibilidade de água no solo (capacidade de campo) em comparação com o tratamento com menor disponibilidade de água no solo (40% da capacidade de campo). Estes resultados corroboram com Pegorare (2005), que verificou que a massa seca da parte aérea se ajustou de forma linear e crescente com as maiores lâminas de água no solo.

As tensões 15 e 35 kPa foram significativas no desdobramento das doses de nitrogênio na produção de massa seca da parte aérea (Figura 22). A menor tensão (15 kPa) ajustou-se ao modelo quadrático de regressão, sendo que a maior produção de massa seca da parte aérea (224,39 g), ocorreu na dose de 93,75 mg dm^{-3} de nitrogênio. Para a tensão de 35 kPa, verificou-se que o tratamento sem adubação nitrogenada produziu o maior valor de massa seca da parte aérea (188,77 g) quando comparado com os demais níveis de adubação nitrogenada, sendo que houve um decréscimo na produção de massa seca da parte aérea de 34,07% quando compara-se

com o tratamento sem aplicação de adubação nitrogenada, com a maior dose de nitrogênio aplicada (200 mg dm^{-3}).

Araújo et al. (2004) verificaram aumento de 27,10% na produção de massa seca da parte aérea quando compararam o tratamento sem adubação nitrogenada com o tratamento de 240 kg ha^{-1} de nitrogênio.

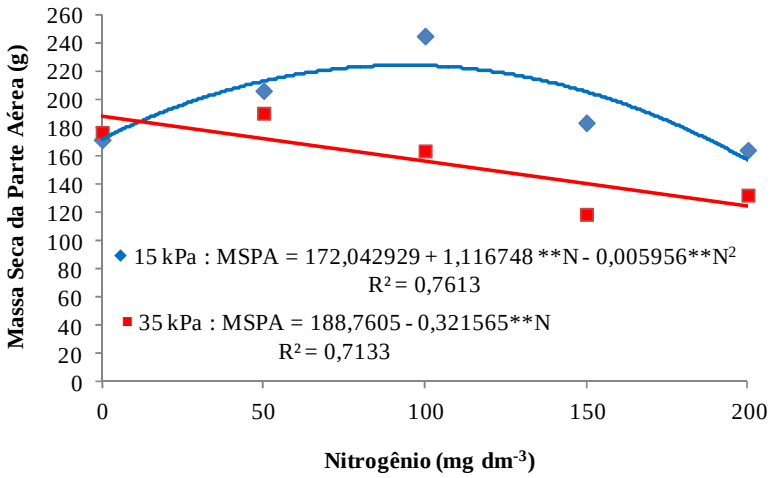

FIGURA 22. Massa seca da parte aérea em função das doses de nitrogênio, nas tensões de 15 e 35 kPa.
**Significativo a 1% de probabilidade.

Carvalho et al. (2011) avaliando a resposta do milho DBK 390 com as doses de nitrogênio, verificaram ajuste à modelo linear, com a maior produção de massa seca da parte aérea quando submetidas a dose de 160 Kg ha^{-1}.

A atividade fotossintética e consequentemente a produção de matéria seca pode ser determinada pelo nível de disponibilidade do nitrogênio (JEUFFROY et al., 2002).

Em trabalho realizado por Larcher (1986), o estresse hídrico por um longo período, mas de quatro dias, pode ter causado a perda de turgescência celular, o que deve ter promovido o fechamento estomático, redução na assimilação de CO_2 e inibição do processo fotossintético, tanto no que se refere ao transporte de elétrons como nos eventos bioquímicos e na atividade enzimática.

4.7 Massa seca de raiz

Para a massa seca de raiz (Figura 23) houve interação significativa entre os tratamentos, tensões de água no solo e doses de nitrogênio, sendo ajustada por meio de modelos quadrático e lineares de regressão.

FIGURA 23. Visualização das raízes de milho cultivado em ambiente protegido, após a retirada do solo e lavagem em água corrente.

Na análise do desdobramento da tensão para os níveis de adubação nitrogenada, as doses de 50, 100 e 150 mg dm^{-3} de nitrogênio, influenciaram significativamente a massa seca de raiz (Figura 24).

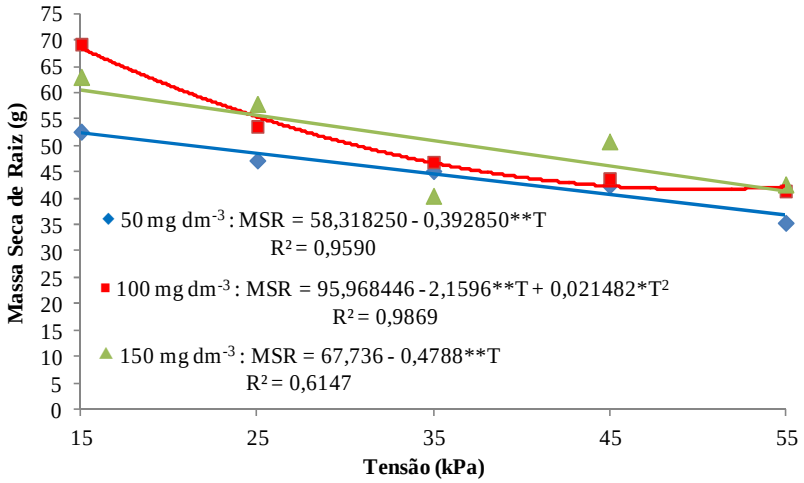

FIGURA 24. Massa seca de raiz de milho em função das tensões de água no solo, nas doses de 50, 100 e 150 mg dm^{-3} de nitrogênio, cultivado em ambiente protegido.
**,* Significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Verificando-se a dose de 50 mg dm^{-3} de nitrogênio e sua interação com as tensões de água no solo para produção de massa seca de raiz, contatou-se que a produção foi linear decrescente com as tensões de água

no solo, ocorrendo um decréscimo de 29,97% na produção de massa seca de raiz quando compara-se a menor tensão (15 kPa) com a maior tensão analisada (55 kPa). Com relação à dose de 100 mg dm^{-3} de nitrogênio, obteve-se a menor produção de massa seca de raiz (41,69 g) quando aplicou-se a tensão de 50,26 kPa. A produção de massa seca de raiz para a dose de 150 mg dm^{-3} de nitrogênio, ajustou-se ao modelo linear decrescente de regressão, ocorrendo um decréscimo de 31,63% da produção de massa seca de raiz da menor para a maior tensão avaliada.

A maior produção de massa seca de raiz foi obida na dose de nitrogênio de 100 mg dm^{-3}, com interação da tensão de 15 kPa, produzindo 68,41 g, mas independente da adubação aplicada os melhores resultados de massa seca de raiz foram proporcionados quando a planta foi submetida a tensão de 15 kPa. Este resultado corrobora com Taylor e Gardner (1963), que determinaram que a uma mesma densidade do solo, a penetração radicular diminuiu com a redução da umidade.

De acordo com Vilela e Bull (1999) a menor massa seca de raiz foi encontrada em plantas de milho que sofreram um maior déficit hídrico. Conte et al. (2009) não verificaram efeito significativo para massa seca de raiz em tratamentos irrigados e não irrigados em milho, mas os autores atribuíram este resultado, que não foi esperado, no alto coeficiente de variação 36,0%.

Analisando resultados de tensões de água em relação as adubações nitrogenadas para a produção de massa seca de raiz, apenas as tensões de 15, 25 e 45 kPa foram significativas (Figura 25).

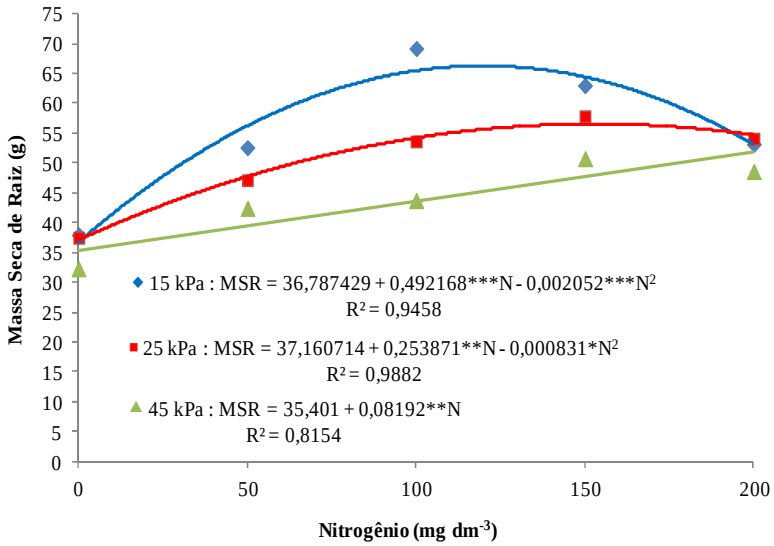

FIGURA 25. Massa seca de raiz em função das doses de nitrogênio, nas tensões de 15, 25 e 45 kPa, cultivado em ambiente protegido.
*, **, *** Significativo a 5, 1 e 0,01% de probabilidade, respectivamente.

Para a tensão de 15 kPa, que foi ajustada a modelo quadrático de regressão, a maior produção (66,30 g) foi verificada quando aplicou-se 119,92 mg dm^{-3} de nitrogênio, sendo que após esta dose a produção reduziu. A tensão de 25 kPa também se ajustou ao modelo quadrático de regressão, tendo sua máxima produção de massa seca de raiz com a dose 152,75 mg dm^{-3} de nitrogênio, produzindo 56,55 g de massa seca de raiz. Apenas a tensão de 45 kPa enquadrou-se ao modelo linear crescente de regressão, proporcionando um incremento de 31,64% de massa seca de raiz, quando compara-se a maior dose de nitrogênio (200 mg dm^{-3}) com a menor dose de nitrogênio (0 mg dm^{-3}).

Soares et al. (2009) não encontraram diferença significativa na média geral da massa seca de raiz, entre duas doses de nitrogênio (0 e 2 mmol L^{-1}), para seis linhagem de milho, em solução nutritiva. Zucareli et al. (2012) aplicando doses de nitrogênio até 120 kg ha^{-1}, na fase reprodutiva do milho, constataram que a maior dose produziu a maior massa seca de raiz.

4.8 Altura da espiga

Em análise da influencia das doses de nitrogênio e tensões de água no solo na altura da inserção da espiga, verificou-se que os tratamentos não influenciaram significativamente na altura da inserção da espiga (Figura 26), pois variaram independentemente, ficando entre 107 e 140 cm, podendo ser uma característica intrínseca do híbrido DKB 390 PRO.

Casagrande e Filho (2002) também não verificaram diferença na altura da inserção da espiga, com diferentes doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 90 Kg ha^{-1}) na forma de ureia.

A cultivar AG 3010, avaliada por Mar et al. (2003) no período de safrinha em Dourados-MS, apresentou diferença na altura de plantas com as doses de nitrogênio aplicadas, sendo que foi obtido na dose de 116,9 Kg ha^{-1} de nitrogênio, a maior altura da inserção da espiga (99,54 cm).

FIGURA 26. Visualização do experimento quando todas as plantas de milho estavam no estádio R1 (embonecamento).

De acordo com Siqueira et al. (2009), a altura da inserção da espiga é um fator que contribui muito para que ocorra o acamamento, quanto mais alta estiver, mais suscetível a planta está ao acamamento. No entanto, Campos et al. (2010) verificando a relação da altura de planta e inserção de espiga com acamamento e quebra de plantas de quarenta e nove cultivares comerciais em cinco regiões, não observaram nenhuma relação entre altura de planta e inserção de espiga com as taxas de acamamento.

4.9 Massa da espiga com e sem palha

De acordo com a análise estatística, para a massa da espiga com palha, verificou-se que não houve interação entre as tensões de água no solo e doses de nitrogênio, mas houve efeito isolado para estes fatores, sendo que ambas se ajustaram à modelo linear de regressão.

Em relação às tensões aplicadas ocorreu uma redução na massa da espiga com palha conforme aumento das tensões (Figura 27), ocasionando um decréscimo de 64,21% na massa da espiga com palha quando compara-se a menor com a maior tensão de água no solo, sendo que a maior massa da espiga com palha obtida foi de 179,95 g na tensão de 15 kPa.

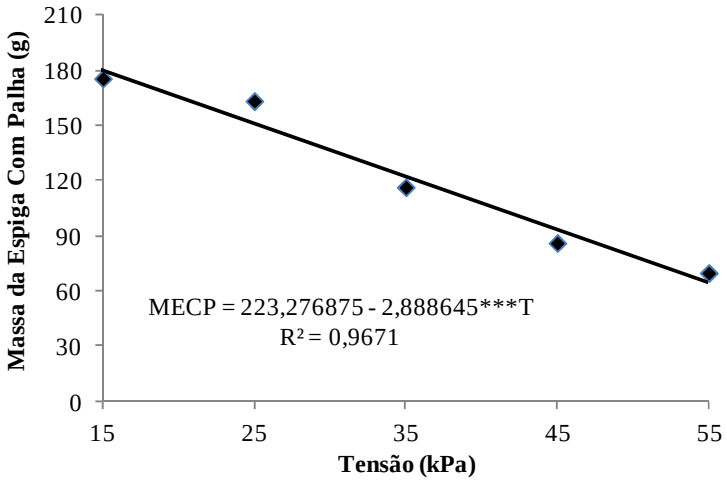

FIGURA 27. Massa da espiga de milho com palha em função das tensões de água no solo, cultivado em ambiente protegido.
*** Significativo a 0,01%.

A adubação nitrogenada influenciou de forma linear e crescente a massa da espiga com palha, ocorrendo um incremento de 40,16% quando compara-se a maior dose com a menor dose de nitrogênio aplicada (Figura 28).

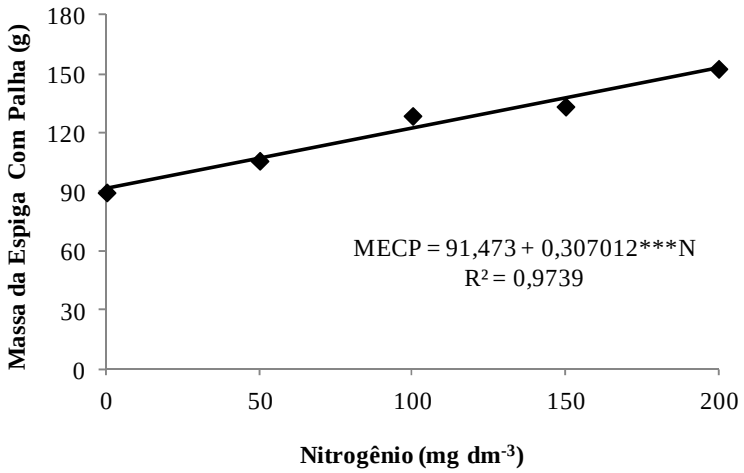

FIGURA 28. Massa da espiga de milho com palha em função das doses de nitrogênio, cultivado em ambiente protegido.
*** Significativo a 0,01%.

Na avaliação de massa da espiga sem palha, houve interação significativa entre os tratamentos, doses de nitrogênio e tensão de água no solo, ajustando-se aos modelos lineares de regressão. Dessa forma constatou-se no desdobramento das tensões para os níveis de adubação nitrogenada que apenas as doses de 50, 150 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio influenciaram significativamente a massa da espiga sem palha (Figura 29).

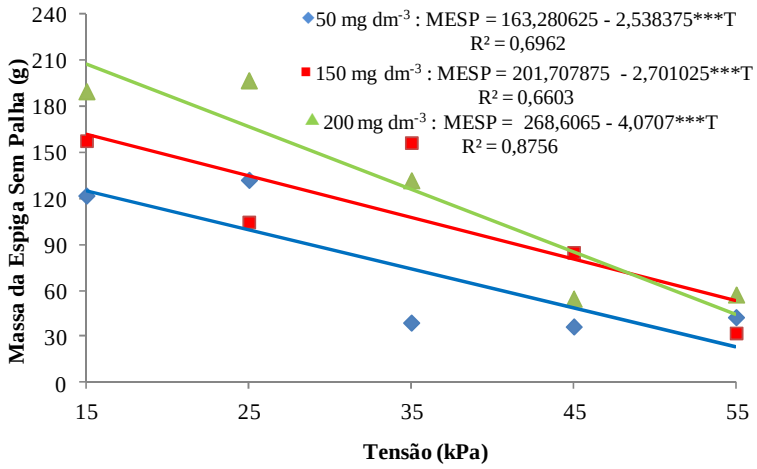

FIGURA 29. Massa da espiga de milho sem palha em função das tensões de água no solo, nas doses de 50, 150 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio, cultivado em ambiente protegido.

*** Significativo a 0,1% de probabilidade.

Ocorrendo um decréscimo de 81,10; 67,03 e 78,45% nas doses de 50, 150 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio respectivamente, na produção de massa da espiga sem palha, quando compara-se a menor tensão (15 kPa) com a maior tensão analisada (55 kPa).

A maior produção de massa da espiga sem palha (181,45 g) foi obtida na dose de 200 mg dm^{-3} de nitrogênio, com interação da tensão de 25 kPa.

Analisando o comportamento das tensões de água no solo em relação as adubações nitrogenadas para a produção de massa da espiga sem palha, as tensões de 15, 25 e 35 kPa foram significativas ajustando-se ao modelo linear crescente de regressão (Figura 30).

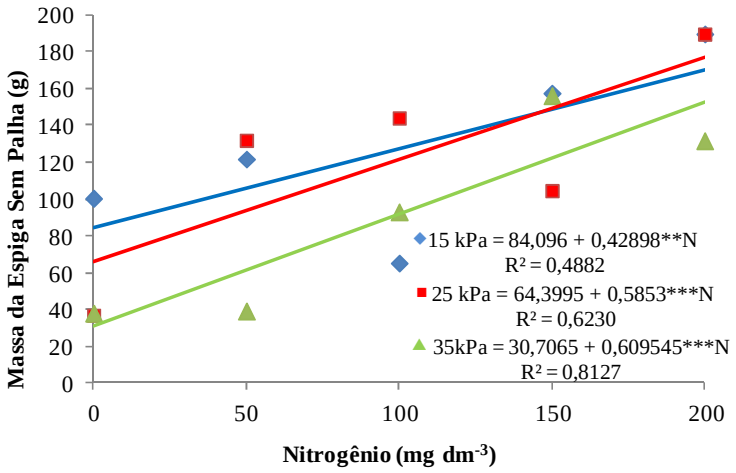

FIGURA 30. Massa da espiga de milho sem palha em função das doses de nitrogênio, nas tensões de 15, 25 e 35 kPa, cultivado em ambiente protegido.
, * Significativo a 1 e 0,01% de probabilidade, respectivamente.

Houve incremento de 50,5; 64,51 e 79,87% nas tensões de 15, 25 e 35 kPa, respectivamente, quando compara-se a maior dose de nitrogênio (200 mg dm^{-3}) com o tratamento sem adubação nitrogenada. A maior produção de massa da espiga sem palha foi obtida na dose de 200 mg dm^{-3} de nitrogênio com a interação da tensão de 25 kPa.

Houve incremento na massa da espiga com palha do milho verde com o aumento das doses de nitrogênio, até a dose de 240 Kg ha^{-1} de acordo com Freire et al. (2010), entretanto, os mesmos autores encontraram ajuste quadrático para a massa da espiga com e sem palha.

4.10 Comprimento da espiga

Para o comprimento da espiga, houve efeito isolado para as tensões de água no solo e doses de nitrogênio, sendo que ambas se ajustaram ao modelo quadrático de regressão. Para as tensões, o maior comprimento da espiga (23,82 cm) foi obtido com a tensão de 22,86 kPa (Figura 31). Estes dados divergem das avaliações verificadas por Silveira et al. (2012), que não constataram diferenças significativas no comprimento da espiga sem palha

de minimilho nas tensões de 30, 50, 70 e 150 kPa, no Estado de Mato Grosso do Sul, em LATOSSOLO Vermelho-Escuro Álico textura argilosa .

Em resultados verificados por Blanco et al. (2011) com o híbrido AG1051, o comprimento da espiga se ajustou de forma linear crescente com irrigação até 220% da evapotranspiração de referência (ETo), alcançando nesta, 24,8 cm de comprimento.

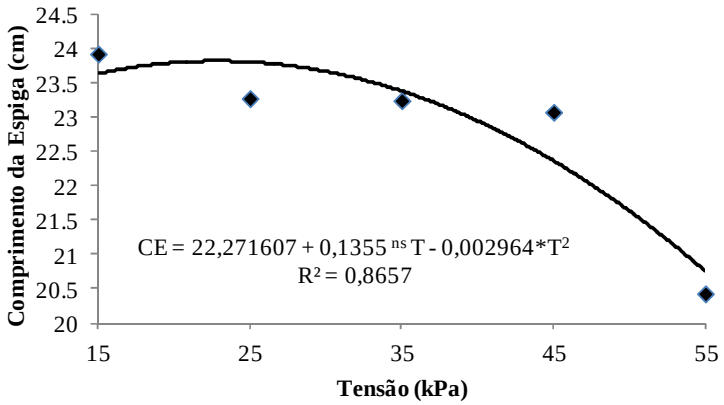

FIGURA 31. Comprimento da espiga de milho em função das tensões de água no solo, cultivado em ambiente protegido.
ns Não Significativo. * Significativo a 5% de probabilidade.

Analisando as doses de nitrogênio, o comprimento máximo da espiga (24,06 cm) foi proporcionado pela dose de 143,91 mg dm^{-3} de nitrogênio (Figura 32).

Estes resultados corroboram com Ferreira et al. (2010) que também verificaram resposta quadrática para esta variável até a dose de 250 Kg ha^{-1} de nitrogênio, todavia, Mendonça et al. (1999) avaliando doses de nitrogênio de 48,79 a 319,47 Kg ha^{-1}, constataram que a maior dose utilizada produziu o maior comprimento da espiga, sendo ajustada a um modelo linear de regressão.

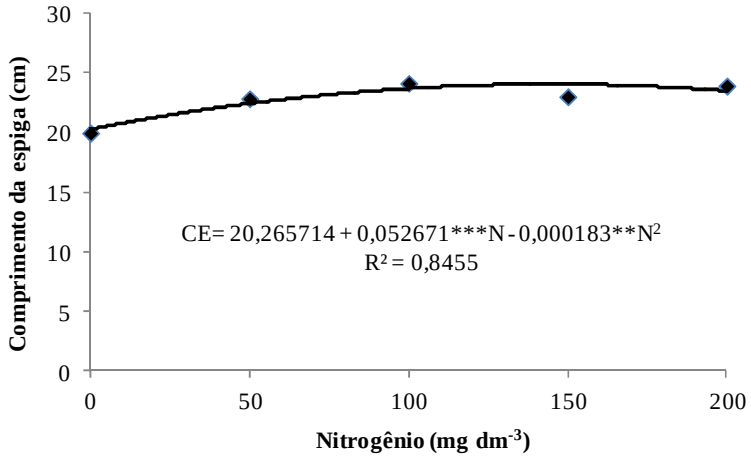

FIGURA 32. Comprimento da espiga em função das doses de nitrogênio.
***,** Significativo a 0,01 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Soares (2003) verificou que a aplicação de 120 kg ha^{-1} de nitrogênio, na forma de uréia, proporcionou aumento médio de 22% no comprimento das espigas, em relação aos tratamentos em que a aplicação de nitrogênio foi ausente (0 kg ha^{-1} de nitrogênio), no entanto, ao elevar as doses de 120 kg ha^{-1} para 240 kg ha^{-1} de nitrogênio, o aumento no comprimento da espiga foi de apenas 3%.

O comprimento médio de espiga é um dos caracteres que pode interferir, diretamente, no número de grãos por fileira e, consequentemente, na produtividade do milho (KAPPES et al., 2009), dessa forma, torna-se importante sua avaliação. No presente experimento menores tensões aliadas a doses de nitrogênio de 130 a 160 mg dm^{-3} apresentaram melhores resultados para o comprimento da espiga, o que pode indicar que as plantas que foram submetidas a estes tratamentos podem apresentar melhores produtividade.

4.11 Massa do sabugo seco

Para a massa do sabugo seco, houve significância com efeito de interação entre as tensões de água no solo e as doses de nitrogênio. No desdobramento da tensão para cada nível de doses de adubação nitrogenada, não observou-se efeito significativo na ausência de adubação,

mas para as doses de 50, 100 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio obteve-se interação, ajustando-se ao modelo linear de regressão. Todavia na aplicação da dose de 150 mg dm^{-3} de nitrogênio verificou-se o ajuste a modelo quadrático de regressão (Figura 33).

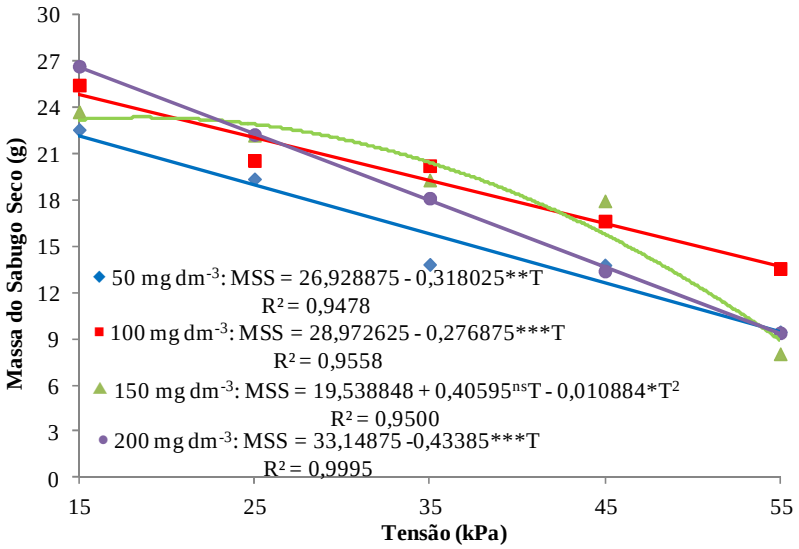

FIGURA 33. Massa do sabugo seco de milho em função das tensões de água no solo nas doses de 50, 100, 150 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio, cultivado em ambiente protegido.
^{ns}Não significativo. ***, **, * Significativo a 0,01, 1 e 5%, respectivamente.

Analisando as doses de 50, 100 e 200 mg dm^{-3} de nitrogênio verificou-se que houve decréscimo de 57,41; 44,62 e 65,14%, respectivamente, na produção de massa do sabugo seco, quando compara-se a tensão de 15 kPa com a tensão de 55 kPa. Para a dose de 150 mg dm^{-3} de nitrogênio o máximo valor de massa do sabugo seco (23,32 g) foi obtido para a tensão de água no solo de 18,65 kPa.

O maior valor observado de massa do sabugo seco (26,64 g) foi obtido por meio da interação de 200 mg dm^{-3} de nitrogênio com 15 kPa. Independente da adubação nitrogenada as plantas que foram submetidas a tensão de 15 kPa produziram maior massa de sabugo seco.

Resultado similar foi verificado por Parizi et al. (2009) avaliando irrigação no milho de 0 à 120% ETo (Evapotranspiração de referencia), no

qual constataram que plantas submetidas a irrigação com 120% da ETo conseguiram maior massa de sabugo (23,96 g).

Soares et al.(2010) avaliando três métodos de irrigação (sensores dielétricos de umidade do solo, tanque classe A 100% e 80% do valor da evaporação) em dois híbridos de milho, constataram que os maiores valores de massa de sabugo seco foram verificados quando o milho foi submetido a irrigação com sensores dielétricos e com 100% da evaporação do tanque classe A.

No desdobramento das doses de nitrogênio para cada nível de tensão de água no solo, apenas a tensão de 55 kPa não foi significativa, enquanto que as tensões de 15, 25, 35 e 45 kPa foram significativas estatisticamente ajustando-se aos modelos quadráticos de regressão (Figura 34).

O maior valor de massa de sabugo seco (26,08 g) foi obtido pela dose de 164,85 mg dm^{-3} de nitrogênio com a tensão de 15 kPa, no entanto, o segundo maior valor de massa de sabugo seco (22,78 g) resultou da interação entre a tensão de 25 kPa com a dose de 154,37 mg dm^{-3} de nitrogênio. Na utilização da tensão de 35 kPa o maior valor de massa de sabugo seco (19,53 g) obteve-se na dose de 145,41 mg dm^{-3} de nitrogênio. Quando a análise foi verificada para a tensão de 45 kPa, observou-se que a dose de 118,59 mg dm^{-3} de nitrogênio proporcionou uma massa de sabugo seco de 16,98 g.

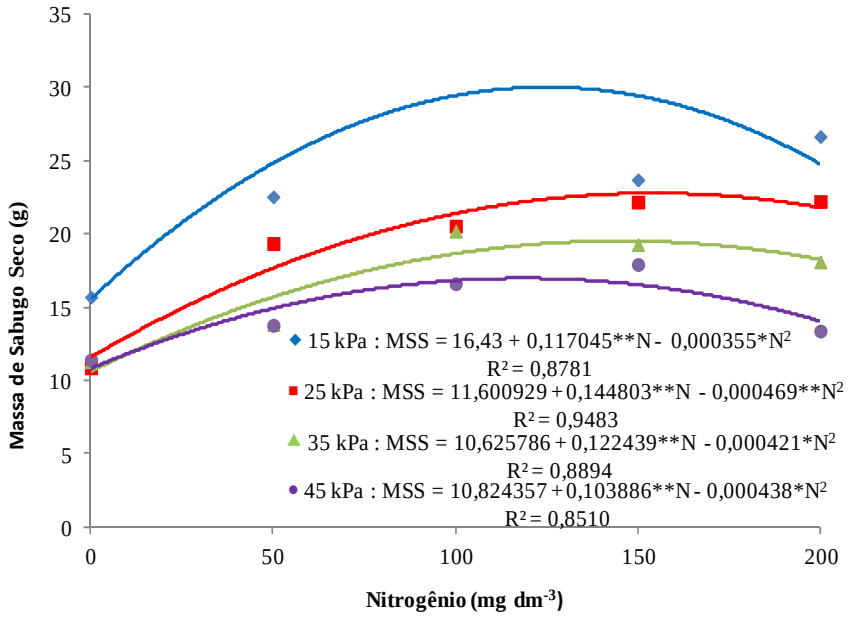

FIGURA 34. Massa de sabugo seco de milho em função das doses de nitrogênio nas tensões de 15, 25, 35 e 45 kPa, cultivado em ambiente protegido.
ns Não Significativo. **, * Significativo a 1 e 5%, respectivamente.

Arf et al. (2007) verificaram que a maior disponibilidade de nitrogênio apresentou a maior massa de sabugo, independentemente do momento em que o nitrogênio foi aplicado. De acordo com Kein (2011) quanto maior a massa do sabugo maior será a massa de grãos, especialmente para híbridos que tem finalidade de produção de grãos.

4.12 Massa de 100 grãos

Na massa de 100 grãos, observou-se significância com efeito isolado para as tensões de água no solo e doses de nitrogênio, sendo que os resultados, para a massa de grãos, ajustaram-se ao modelo linear de regressão. A tensão de água no solo influenciou a massa de 100 grãos, explicando um R^2 de 83,76% para esta variável (Figura 35), em que houve um decréscimo de 76,46% na massa de 100 grãos ao comparar a menor com a maior tensão de água no solo avaliada, demonstrando que a menor tensão (15 Kpa) foi propiciou a melhor condição para uma boa produção de massa de 100 grãos.

Bergonci et al. (2001) verificaram redução de até 63,30% quando comparou o cultivo do milho irrigado com o milho não irrigado, constatando assim a importância da irrigação suplementar no rendimento do grãos de milho.

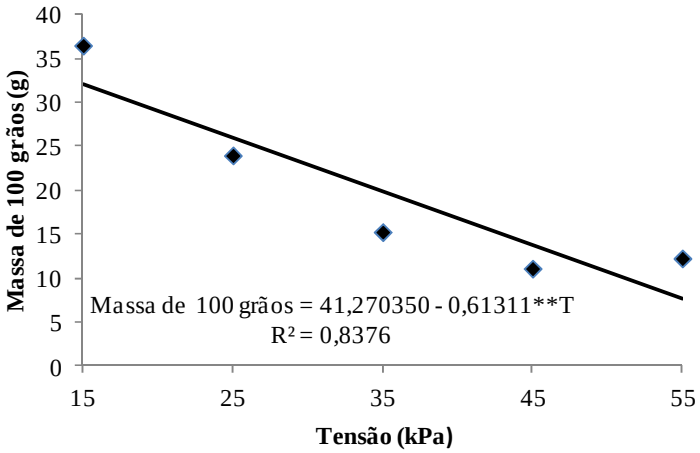

FIGURA 35. Massa de 100 grãos de milho em função das tensões de água no solo, cultivado em ambiente protegido.
** Significativo a 1% de probabilidade.

Em relação as doses de nitrogênio, as mesmas se ajustaram ao modelo linear crescente de regressão (Figura 36), em que a maior produção de massa de grãos foi observada na dose de 200 mg dm^{-3} de nitrogênio aplicada, havendo um incremento de 84,34% na massa de 100 grãos quando comparado a maior dose do intervalo do experimento com o tratamento sem adubação nitrogenada, comprovante a importância da adubação nitrogenada para o aumento da produção de grãos de milho.

O mesmo modelo linear crescente de regressão foi obtido por Queiroz et al. (2011) verificando doses de nitrogênio até 160 Kg ha^{-1} , utilizando como fonte a uréia polimerizada. Resultados que também corroboram com Fernandes e Buzetti (2005) que analisaram esta variável até a dose de 180 Kg ha^{-1}, obtendo 32,91 g na massa de 100 grãos, valor próximo ao verificado no presente experimento

Resultados quadráticos para esta variável foram verificados por Ferreira et al. (2010), analisando dose de 0 a 250 Kg ha^{-1} de nitrogênio,

onde obtiveram a maior massa de 100 grãos (26,37 g) com 158 Kg ha^{-1}de nitrogênio.

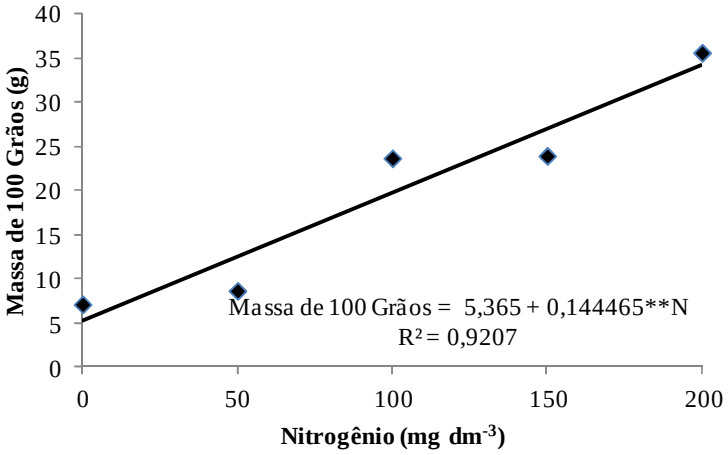

FIGURA 36. Massa de 100 grãos de milho em função das doses de nitrogênio, cultivado em ambiente protegido.
**Significativo a 1% de probabilidade.

Araújo et al. (2004) verificaram aumento de 21,84% na produção de grãos ao comparar o tratamento sem adubação nitrogenada com o tratamento com 240 kg ha^{-1} de nitrogênio. Segundo Carvalho et al. (2001) e Mohammadi et al. (2003) que constataram por meio de análises que a massa do grão é o componente mais importante na predição da produção do milho.

Para Borrás e Otegui (2001), a massa de grãos é o componente da produção menos afetado por variações nas práticas de manejo e adubação, o que não foi verificado no presente estudo. Conforme Fancelli (1986), a massa do grão é, marcadamente, afetada a partir dos grãos leitosos, principalmente pela disponibilidade de água.

No presente trabalho, aos 102 dias após a emergência observou-se que as plantas que não receberam a adubação nitrogenada apresentaram folhas inferiores e a palha da espiga bem secas, enquanto, nas parcelas com maior dose de nitrogênio, as plantas apresentavam-se bem mais verdes, prolongando o período de retranslocação de nitrogênio para os grãos aumentando a massa final, fato que também foi obervado por Ferreira et al. (2001). Isso vem comprovar que se trata de uma característica

agronômica que é influenciada principalmente pelo genótipo, seguido da disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante a fase de enchimento de grãos (OHLAND et al., 2005).

De acordo com Malavolta et al. (1976) quando há deficiência de nitrogênio ocorre diminuição da duração das folhas verdes (metabolicamente ativas) interferindo na produção de massa seca e consequentemente sobre a produtividade da cultura.

4.13 Consumo de Água

O volume de água aplicado em cada tratamento variou de acordo com a tensão pré-estabelecida sendo que o maior número de irrigações ocorreu nas menores tensões, o que propiciou os maiores volumes de água (Tabela 3). Já o intervalo médio de irrigação foi crescente de acordo com o aumento da tensão, o que mostra que as plantas que foram submetidas as maiores tensões sofreram o maior estresse hídrico devido ao intervalo médio das irrigações.

TABELA 3 Consumo de água, número de irrigações e intervalo das irrigações, para as tensões pré-estabelecidas de água no solo.

Tensão Pré-estabelecida (kPa)	*Consumo de Água (mL)*	*Número de Irrigações*	*Intervalo Médio de Irrigação (dias)*
15	56.769,3	86	1,4
25	53.513,6	59	2,1
35	50.025,0	32	3,9
45	39.059,0	24	5,2
55	32.881,0	16	7,8

De acordo com Bergamaschi (1992), à medida que diminui o conteúdo de água no solo às plantas tem maior dificuldade para absorver água devido a um aumento nas forças de retenção exercidas pelo solo, reduzindo a quantidade de água disponível no solo às plantas, o que pode prejudicar seu desenvolvimento.

Araújo et al. (1999) em estudo a resposta do milho a diferentes lâminas em LATOSSOLO Vermelho Amarelo, textura franco argilo-arenosa, verificaram que o consumo total de água do tratamento com a tensão de 25

kPa foi de 519,8 mm. Resende e Oliveira (2005) avaliando a produtividade do milho sob uma tensão de 60 a 70 kPa utilizaram 232,3 mm de água.

Assim, Ceretta e Silveira (2001) complementam que em lavouras irrigadas, pode-se aumentar os níveis de adubação, pois os riscos de perda de produtividade por déficit hídrico são minimizados.

Dessa forma observou-se o solo com menor déficit hídrico proporcionou melhores condições ao desenvolvimento e produção do milho.

4.14 Correlações

No estudo de correlação de Pearson, foi verificada relação positiva e negativa (Tabela 4) entre as variáveis analisadas durante a condução do experimento.

Pela análise de correlação simples entre variáveis, notou-se correlação positiva entre altura de planta e todas as variáveis analisadas, exceto com o diâmetro do colmo, mostrando que a altura de planta está ligada diretamente as maiores produções de massa seca do colmo, massa seca de folhas, massa seca do pendão, massa seca da parte aérea, massa seca de raiz, altura da inserção da primeira espiga, massa da espiga com e sem palha, comprimento da espiga, sabugo seco e massa de 100 grãos.

Santos et al. (2002) também verificaram correlação positiva para altura de planta, altura da inserção da espiga e produtividade, indicando que quanto maior a altura de planta, maior a produtividade. Santos et al. (2010) encontraram correlação entre altura de planta e produção de massa seca.

O diâmetro do colmo se correlacionou com a massa seca do colmo, massa seca de folhas, massa seca do pendão e massa seca da parte aérea. Isso vem ressaltar a importância de se avaliar esta variável, que poderá indicar as plantas que terão as melhores respostas de massa seca. Beleze et al. (2003) avaliando diferentes híbridos de milho em Castro-PR, também verificaram correlação entre diâmetro do colmo e massa seca da parte aérea.

A massa seca do colmo teve correlação positiva com a massa seca de folha, massa seca do pendão, massa seca da parte aérea e massa seca de

TABELA 4. Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis estudadas para o milho.

	AP	*DC*	*MSC*	*MSF*	*MSP*	*MSPA*	*MSR*	*AE*	*ECP*	*ESP*	*CE*	*SS*	*MsGr*
AP	1	0,0468^{ns}	0,1992*	0,4258**	0,3473**	0,3222**	0,2612**	0,5818**	0.5476**	0,5121**	0,2771**	0,5184**	0,2384*
DC		1	0,3822**	0,4166**	0,2134*	0,4582**	0,1402^{ns}	-0,0306^{ns}	-0,0228^{ns}	-0,0864^{ns}	-0,0623^{ns}	0,1592^{ns}	-0,0677^{ns}
MSC			1	0,4625**	0,2191*	0,9255**	0,2859**	0,1377^{ns}	-0,2411*	-0,3809**	-0,0402^{ns}	0,0328^{ns}	-0,2382*
MSF				1	0,4203**	0,7424**	0,6394**	0,2873**	0,3765**	0,1959*	0,2489*	0,6310**	-0,2275*
MSP					1	0,3600**	0,4878**	0,2190*	0,2447*	0,2238*	-0,0629^{ns}	0,2729**	0,1699^{ns}
MSPA						1	0,4953**	0,2169*	-0,0087^{ns}	-0,1862^{ns}	0,0825^{ns}	0,3062**	-0,0710^{ns}
MSR							1	0,1808^{ns}	0,2572**	0,1389^{ns}	0,1839^{ns}	0,5022**	0,2147*
AE								1	0,4384**	0,4094**	0,1319^{ns}	0,3476**	0,2174*
ECP									1	0,9524**	0,3507**	0,7597**	0,5988**
ESP										1	0,3079**	0,6738**	0,5993**
CE											1	0,4535**	0,2570**
SS												1	0,5946**
MsGr													1

AP - altura de planta; DC - Diâmetro do colmo; MSC – massa seca do colmo; MSF – massa seca de folha; MSP – massa seca do pendão; MSPA – massa seca da parte aérea; MSR – massa seca de raiz; AE – altura da espiga; ECP = massa da espiga com palha; ESP – massa da espiga sem palha; CE – comprimento da espiga; SS – sabugo seco; MsGr - massa de 100 grãos. ^{ns} Não significativo. *, ** Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

raiz, mas correlacionou-se negativamente com a massa da espiga com e sem palha e massa de 100 grãos, indicando que valor elevado de massa seca do colmo, poderá não predizer altos resultados para estes parâmetros.

No entanto, a massa seca das folhas se correlacionou positivamente com todas as variáveis analisadas, exceto a massa de 100 grãos em que esta correlação foi negativa.

Quando analisou-se as correlações de massa seca do pendão verificou que não houve influência entre esta variável e o comprimento da espiga e a massa de 100 grãos, reforçando a competição de fotoassimilados entre a espiga e o pendão. Já o incremento de massa seca da parte aérea poderá induzir ao aumento da massa seca de raiz, da altura da espiga e da massa do sabugo seco.

Com relação ao aumento da massa seca de raiz, houve também incremento da massa da espiga com palha, sabugo seco e massa de 100 grãos, mostrando a importância do bom desenvolvimento radicular para a produção de grãos de milho.

Verificando as correlações com a variável altura da inserção da espiga constatou-se influência da massa da espiga com e sem palha, no sabugo seco e na massa de 100 grãos. A partir de uma maior massa da espiga com e sem casca poderá ocorrer também um aumento do comprimento da espiga, da massa do sabugo seco e da massa de 100 grãos.

Lopes et al (2007) verificaram correlação entre o comprimento da espiga, a massa da espiga e a massa de 100 grãos, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho, em que houve correlações entre o comprimento da espiga, a massa do sabugo seco e a massa de 100 grãos.

5 CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia utilizada e nas condições em que o experimento foi realizado pode-se concluir que:

- ✓ Nas avaliações onde ocorreram interação significativa, as menores tensões, entre 15 e 25 kPa, aliadas as adubações de 100 a 150 mg dm^{-3} de nitrogênio, proporcionaram os melhores resultados;
- ✓ Para as variáveis em que ocorreram efeito isolado a tensão de 15 kPa e a dose de 200 mg dm^{-3} de nitrogênio favoreceram o desenvolvimento do milho, exceto para a variável comprimento da espiga.
- ✓ A tensão de água no solo de 55 kPa, foi a mais prejudicial ao desenvolvimento do milho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUAN, R.E.; VILELA, M. de F.; REIS Jr.; F.B. dos. **O Ciclo global do nitrogênio**, 2003, 2p. Disponível em: <http://www.zoonews.com.br/artigos/artigo.php?idartigo=150 >. Acesso em 2012.

ALDRICH, S. R.; SCOTT, W. O.; LENG, R. E. **Modern corn production** 2.ed. Champaign: A & L Publication, 1982. 371p.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 26:241-248, 2002.

ANDRADE, A.G. **Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho.** 75f. Dissertação - ESALQ/USP. Piracicaba, 1975.

ARAÚJO, L.A.N de.; FERREIRA, M. E.;CRUZ, M.C.P. da. Adubação nitrogenada na cultura do milho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.771-777, ago. 2004.

ARAUJO, W. F.; SAMPAIO, R.A.; MEDEIROS, R.D. de. Irrigação e adubação nitrogenada em milho. **Scientia Agrícola**. Vol. 56, n.4. Piracicaba. Oct/Dec.1999.

ARF, O.; FERNANDES, R.N.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ M.E.; COSTA, J.A. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.

ARNON, I. **Mineral nutrition maize.** Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.

AZEVEDO, J.A.; SILVA, E. M. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação**. Circular Técnica, 001 . Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999, 33p.

BASSETI, P.; WESTGATE, M. E. Water deficit affects receptivity of maize silks. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 2, p. 279-282, 1993.

BELEZE, J.R.F.; ZEOULA, L.M. CECATO, U.; DIAN, P.H.M.; MARTINS, E. N.; FALCÃO, A. J. S. Avaliação de Cinco Híbridos de Milho (*Zea mays*, *L.*) em Diferentes Estádios de Maturação: Produtividade, Características Morfológicas e Correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**., v.32, n.3, p.529-537, 2003.

BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1992. 125p.

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**, v.39, p.831-839, 2004.

BERGONCI J. I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A. O.; FRANÇA S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.7, p. 949-956, Julho- 2001.

BERNARDO, S. **Impacto Ambiental da Irrigação no Brasil: recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Viçosa:MMA, SRH, ABEAS, UFV, 1997. 252 p.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação***.* 5.ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1989. 596p.

BERNARDO, S., SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006, 625p.

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

BONFIM-SILVA, E.M., SILVA, T.J.A., KROTH, B. E., CABRAL, C.E.A., GUIMARÃES, S.L. Crescimento e produção de milheto em disponibilidades

hídricas do solo. Enciclopédia Biosfera, **Centro Científico Conhecer** - Goiânia, vol.7, N.12; 2011.

BONFIM-SILVA, E.M.; KROTH, B. E.; SILVA, T. J. A.; FREITAS, D. C. de. Disponibilidades hídricas no desenvolvimento inicial de sorgo e ph do solo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 397, 2012.

BONFIM-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1641-1649, 2010.

BORGES, I.D. **Avaliação de épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, fontes de nitrogênio e de espaçamento entre fileiras na cultura do milho**. 2003. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BORRÁS, L.; OTEGUI, M. E. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1816-1822, 2001.

BOYLE, M. G.; BOYER, J. S.; MORGAN, P.W. Stem infusion of liquid culture medium prevents reproductive failure of maize at low water potential. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1246-1252, 1991.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 02, p. 365-372, 2000.

CAMARGO A.P.; GROHMANN, F.; CAMARGO, M.B.B. Tensiômetro simples de leitura direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.12, p.1963-1972, 1982.

CAMPO, M.C.C; SILVA, V.A; CAVLCANTE, I.H.L; BECKMANN, M.Z. Produtividade e características agronômicas de cultivares de milho safrinha sob plantio direto no Estado de Goiás. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambiental**. Curitiba, v.8, n.1, p.77-84.2010.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470, 2007.

CARVALHO, C.G.P.; BORSATO, R.; CRUZ, C.D.; et al. Path analysis under multicollinearity in S0 x S0 maize hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology,** Londrina, v.1, n.3, p.263-270, 2001.

CARVALHO, R.P. de;PINHO, R.C.V.; DAVIDE, L.M.C. Desempenho de Cultivares de Milho quanto à eficiência de utilização de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** v.10, n.2, p. 108-120, 2011.

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

CERETTA, C.A.; SILVEIRA, M.J. Manejo da fertilidade do solo para altas produtividades. In: CARLESSO, R. et al. (Ed.). **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul.** Santa Maria: UFSM, 2001. p.10-20.

CHARLES-EDWARDS, D. A. **Physiological determinants of crop growth**. London : Academic Press, 1982. 161 p.

COELHO, S.L.; TEIXEIRA, A.S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.536-545-2004.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Brasil Projeções do Agronegócio** 2011/2012 a 221/2022. Brasília, Abril de 2012.

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; DEBIASI, H.; MAZUARANA, M. Rendimento do milho em diferentes condições físicas de solo e quantidade de resíduo na ausência ou na presença de irrigação**. Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, p. 1069-1076, jul, 2009.

CUNHA, G. R.; BERGAMASCHI, H. **Efeito da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p.85-97.

DE DATTA, S.K. **Principles and practices of rice production**. New York:John Wiley, 1981. 618 p.

DETOMINI, E.R.; MASSIGNAN, L.F.; LIBARDI, P.L.; DOURADO-NETO, D. Consumo hídrico e coeficiente de cultura para o híbrido DKB 390. Maringá, v. 31, n. 3, p. 445-452, 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande**: UFPB, 1994. 306p. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 33.

DOURADO NETO, D. **Modelos fitotécnicos referentes à cultura do milh**o. 1999. 229p. Tese (Livre-Docência em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agrícola,** Piracicaba, v.57: p.191-192, 2000.

EMBRAPA. **A cultura do milho irrigado**. Editores Técnicos Morethson Resende, Paulo E. P. Aubuquerque, Lairson Couto. Embrapa Informações Tecnológicas, Brasília, 2003, 317 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro. EMBRAPA-SPI. 2009, 412p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Cultivo do milho**, 2008. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/index.htm. Acessado em : 01 agost. 2012.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B.; CUTRIM, V. A. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 07, p. 1029-1034, 2007.

FANCELLI, A. L. **Milho e feijão**: Elementos de manejo em agricultura irrigada. Fertirrigação: Algumas considerações. Piracicaba: ESALQ, 1991. p.156-167.

FANCELLI, A. L. **Plantas alimentícias**: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: CALQ, 1986.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Milho: Fisiologia da produção. Seminário sobre fisiologia da produção e manejo de água e nutrientes na cultura do milho de alta produtividade**. Potafos: Piracicaba, 1996. 30p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba, SP: FEALQ/Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, 1999.

FARINELLI, R. LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agronômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.2, p.135-146, 2010.

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

FERNANDES, E. J. Comparação entre três métodos para estimar lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.13, n.1, p.36-46, 2008.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.

FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; PEREIRA, P.R.G.; CARDOSO, A.A. Características agronômicas e nutricionais do Milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola,** v.58, n.1, p.131-138, jan./mar. 2001.

FERREIRA, Daniel Furtado . **SISVAR**: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, H.A.; SOUZA, A.S.; SOUSA, D.A.;, SOUZA, A.S.; MARACAJÁ, P.B;. Componentes de produção e produtividade do milho submetido a doses de nitrogênio no semiárido paraibano. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v.5, n.4, p. 90 - 96 outubro/dezembro de 2010.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

FRANÇA, G.E.; COELHO, A.M.; RESENDE, M.;BAHIA FILHO, A.F.C. Parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho irrigado. In: EMBRAPA**.** Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo: 1992-1993.** Sete Lagoas, 1994. p.28-29.

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

GORDON, W. B.; RANEY, R. J.; STONE, L. R. Irrigation management practices for corn production in north central Kansas. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 50, n. 4, p. 395-398, 1995.

GUEI, R.G.; WASSON, C. E. **Inheritance of some drought adaptative traits in maize**. I. Interrelationships between yield, flowering, and ears per plant. Maydica, Bergamo, v. 37, p. 157-164, 1992.

HENCKEL, P. A. **Physiology of plants under drought**. Annual Review of Plant Physiology, v.15, p.363-86, 1964.

HERRERO, M. P.; JOHNSON, R. R. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 1, p. 105-110, 1981.

IBGE. Indicadores IBGE: **Estatística da Produção Agrícola**. Março de 2012.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R. Efeitos do nitrogênio sobre o milho cultivado em consórcio com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 01, p. 39-46, 2005.

JAME, Y.W.; CUTFORTH, H.W. Crop growth models for decision support systems. **Canadian Journal of Plant Science,** Saskatchewan, v.76, p.9-19, 1996.

JENSEN, M. E. Summary and challengers. In: CONFERENCE IRRIGATION SCHEDULING, 2., Chicago, 1981**. Proceedings**. St. Joseph: ASAE, 1981. p. 225.

JEUFFROY, M.H., NEY, B.; OURRY A. Integrated physiological and agronomic modelling of N capture and use within the plant. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 53, n. 370, p. 809-823, 2002.

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

KEULEN, H.van.; PENNING DE VRIES, F.W.T.; DRESS, E.M. A summary model for crop growth. In: PENNING DE VRIES, F.W.T.; VAN LAAR, H. H. (Ed). **Simulation of plant growth and crop production**. Wageningem: Pudoc, 1982. p.87-97.

KLAR, A.E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 408p. 1988.

KLAR, A.E. **Freqüência e quantidade de aplicação**. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p.

KLEIN, V.A. Uma proposta de irrigação automática controlada por tensiômetros. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, n.3, p.231-234, 2001.

LANGE, A. **Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento de milho em sistema plantio direto no Cerrado.** Lavras: UFLA, 2002. 148p.

LARA CABEZAS, W.R.L.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. & SANTANA, D.G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, 34:1005- 1013, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, Rima, p. 203-207, 2000.
LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Paulo: EPU, 1986. 319 p.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335p.
LOPES, S.J.; LÚCIO, A.D.; DAMOL, L.S.H.P.; SANTOS, J, dos. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, v.37, n.6, nov-dez, 2007.

LUCENA, L. de. F. C.; OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P.;. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.334-337, 2000.

MACHADO, E.C.; SILVEIRA, J.A.G.; VITORELLO, V.A.; RODRIGUES, J.L.M. Fotossíntese, remobilização de reservas e crescimento de grãos em dois híbridos de milho sob deficiência hídrica na fase de enchimento dos grãos. **Bragantia,** Campinas, v.51, n.2, p.151-159, 1992.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 2002. 23 p. (Circular Técnica, 22).

MAGALHÃES, P.C.; E. PAIVA. Fisiologia da Produção. 1993. In: CRUZ, J.C.; MONTEIRO, J.A.; D.P.SANTANA; J.C. GARCIA; F.G.F.T.C.BAHIA; L.M.A.SANS & I.A. PEREIRA FILHO. **Recomendações Técnicas para o Cultivo do Milho**. Brasília: EMBRAPA, p.85-95.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 130p.

MALAVOLTA, E.; BASSO, L.C.; OLIVEIRA, G.D. et al. Estudos sobre a nutrição mineral do milho. Efeito de doses crescentes de N, P e K no crescimento, na produção e na composição mineral da variedade 'Piranão'em condições controladas. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".** Piracicaba, v.33, p.479-499, 1976.

MAR, G.D.; MARCHETTI, M.E.; SOUZA, L.C.F.; GONÇALVES, M.C.; NOVELINO, J.O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas

de aplicação de nitrogênio**. Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.267-274, 2003.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L. de C. da; SILVA, H.R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. EMBRAPA-SPI: Brasília, 1994. 60p.

MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.O.B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C; KIEHL, J.C. **Fertilidade do Solo**. São Paulo: Nobel, 1985.

MELLO, Renius; NÖRNBERG, José L.; ROCHA, Marta G. da. POTENCIAL PRODUTIVO E QUALITATIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO, SORGO E GIRASSOL PARA ENSILAGEM. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 1, p. 87-95, jan-mar, 2004.

MELO, W.M.C.; PINHO, R.G.V.; PINHO, E.V.R.V.; CARVALHO, M.L.M.; FONSECA, A.. Parcelamento da adubação nitrogenada sobre o desempenho de cultivares de milho para produção de forragem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 608-616, 1999.

MENDONÇA, Fernando Campos; MEDEIROS, Roberto Dantas de; BOTREL, Tarlei Arriel and FRIZZONE, José Antonio. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. **Scientia Agrícola**,1999, vol.56, n.4, suppl., pp. 1035-1044.

MOHAMMADI, S.A.; PRASANNA, B.M.; SINGH, N.N. Sequential path model for determining interrelationship among grain yield related characters in maize. **Crop Science**, Madison, v.43, n.5 , p.1690-1697, 2003.

NASCIMENTO, R. Crescimento de plantas de sorgo sob diferentes disponibilidades de água no solo. **Revista Educação Agrícola Superior**. v.23, n.1,p.53-54, 2008.

NICOLI, A.M. et al., **Produção das Sementes**. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Tecnologia para produção de sementes de milho. Sete Lagoas, 1993. p.11-21. (EMBRAPA/ CNPMS/Circular técnica, 19).

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

PARIZI, A.R.C.; ROBAINA, A. D.; GOMES, A.C.S.; SOARES, F.C.; RAMÃO, C.J.; PEITER, M.X.; CALEGARO, L.. Efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 254-267, julho-setembro, 2009.

PATERNIANI, E. Influence of tassel size on ear placement in maize. **Maydica**, Bergamo, v.26, n.1, p. 85-91, 1981.

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

PAZ, V.P.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, 2000.

PEGORARE, A. B. **Efeitos de Lâminas de Água Aplicadas como Irrigação suplementar no ciclo do Milho Safrinha sob Plantio direto na Região de Dourados-MS**. Dissertação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Dez-2005.

PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R**.** Irrigação suplementar no ciclo do milho "safrinha" sob plantio direto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.13 no.3 Campina Grande May/June 2009.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração.** Piracicaba, SP: FEALQ, 1997. 183 p.

QUEIROZ, A.M.; SOUZA, C.H.E.; MACHADO, V.J.; LANA, R.M.Q.; KORNDORFER G.H.; SILVA, A.A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** v.10, n.3, p. 257-266, 2011.

QUEIROZ, T.M. **Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, 2007. 147p. (Tese de doutorado).

RAIJ, B. Van; **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343p.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Manual de identificação e controle de doenças de milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 86 p.

RESENDE, M.; OLIVEIRA, A.C. Comparação De Diferentes Estratégias De Programação De Irrigação Suplementar Em Milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.205-214, 2005.

ROBSON, M.J. Potential production – What is it and can we increase it? In: WRIGHT, C.E. (Ed.). **Plant physiology and herbage production**.Nottingham, 1981. p.1-18.

RUSSELLE, M.P.; HAUCK, R.D.; OLSON, R.A. Nitrogen accumulation rates of irrigated maize. **Agronomy Journal,** v. 75, n. 5, p. 593-598, 1983.

SAAD, A.M. **Uso de tensiômetro de faixas em pivô central**. Disponível em: http://www.agr.feis.unespe.br: Acesso em 20/07/2012.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, L.H. Mineralização e absorção por milheto do nitrogênio do solo, da palha de milho (^{15}N) e da uréia (15N). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 17:423-429, 1993.

SANGOI, L.; SALVADOR, R.J. Effect of maize plant detasseling on grain yield tolerance at high plant density an drought stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.33, n.5, p.677-684, 1998.

SANTOS, A. O.; PRADO, H., Análise de interações solo-planta-clima em zonas diferenciadas de área de cultivo de milho, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p 101–106, 2002.

SANTOS, P.G.; JULIATTI, F.C.; BUIATTI, A.L.; HAMAWAKI, O.T. Avaliação do desempenho agronômico de híbrido de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.597-602, maio 2002.

SANTOS, R.D.; PEREIRA, L.G.R.; NEVES, A.L.A.; AZEVÊDO, J.A.G.; MORAES, S.A.;COSTA, C.T. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010**.**

SHUSSLER, J. R.; WESTGATE, M. E. Maize kernel set at low water potential. II. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 5, p. 1196-1203, 1991.

SILVA, D.D. **Efeitos da lâmina de água e dose de nitrogênio na cultura do milho irrigado por aspersão em linha**. Viçosa, 1990. 58p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In:WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, **Reno-NV-USA**: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. **Manejo da irrigação no feijoeiro**. Comunicado Técnico 38, 2002.

SIQUEIRA, B.C. et al. Ação dos fertilizantes Bacsol e Orgasol na altura de inserção da espiga e coloração dos grãos na cultura do milho orgânico. In: **Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG**. 2., Jornada Científica. 2., 19 a 23 de outubro de 2009.

SOARES, F. C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A.D.; VIVAN, G. A.; PARIZI, A. R. C. Resposta da cultura do milho à variabilidade hídrica em solo sob pivô central. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 220 - 233, abril-junho, 2012.

SOARES, F.C.; PEITER, M.X.; ROBAINA, A.D.; PARIZI, A.R.C.; RAMAO, C.J.; VIVAN, G.A. Resposta da Produtividade de hibrido de milho cultivado em diferentes estratégias de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.1, p.36-50, janeiro-março, 2010.

SOARES, Fátima Cibele. **Análise da variabilidade da irrigação de precisão na cultura do milho** (*Zea mays* L.). Dissertação: Universidade Federal de Santa Maria. Programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, 2010, 113 folhas.

SOARES, M. A. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (Zea mays L.)**. 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, 2003.

SOARES, M.O. et al. Discriminação De Linhagens De Milho Quanto À Utilização De Nitrogênio, Por Meio Da Avaliação De Caracteristicas Do Sistema Radicular. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo,** v.8 n.1, p. 93-103, 2009.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2002. 416p.

SOUZA, P. M. de; BRAGA, M. J. **Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil.** In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. (Eds) Tecnologia de produção do milho. 20. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004, v.1, p.13-53, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology. Redwood**: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991.

TAYLOR, H.M.; GARDNER, H.R. Penetration of cotton seeding tap roots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. **Soil Science**, Baltimore, v.96, p.153- 156, 1963.

TROEH ,F ;THOMPSON,L: **Solos e Fertilidade do Solo**.Editora Andrei.2007.

TURCO, Giselle Maria Seleme. **Produção e composição física da planta de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2011.

VILELA, E. F.; BULL, L.T. Avaliação do Crescimento de plantas de milho em função de doses de potássio e estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:281-289, 1999.

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JÚNIOR, M.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, n.30, p.8, 1972.

WESTGATE, M.E.; BOYER, J.S. Carbohydrate reservesand reproductive development at low leaf water potentials in maize. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 5,p. 762-769, 1985.

WIENHOLD, B.J.; TROOIEN, T.P.; REICHMAN, G.A. Yield and nitrogen use efficiency of irrigated corn in the Northern Great Plains. **Agronomy Journal,** Madison, v. 87, n. 5, p. 842-846, 1995.

ZINSELMEIER, C.; WESTGATE, M. E.; JONES, R. J.Kernel set at low water potential does not vary with source/sink ratio in maize. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 158-163, 1995.