

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial e na qualidade da forragem da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.).

Douglas Alexandre Saraiva leão

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em zootecnia da UFCG- Universidade Federal de Campina Grande – para obtenção do título de Mestre, área de concentração: Sistemas Agrosilvopastoris no Semi-árido.

PATOS - PARAÍBA
Junho – 2006

Autor: Douglas Alexandre Saraiva leão

Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial e na qualidade da forragem da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.).

Orientador Prof. Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire

**PATOS - PARAÍBA
Junho - 2006**

| | |
|------------------------------|------------|
| UFCG - BIBLIOTECA - CAMPUS I | |
| 2242 | 09. 30. 07 |
| | |

FICHA CATALOGADA NA BIBLIOTECA SETORIAL DO
CAMPUS DE PATOS - UFCG

L437e
2006

Leão, Douglas Alexandre Saraiva.

Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial e na qualidade da forragem da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). / Douglas Alexandre Saraiva Leão. - Patos: CSTR, UFCG, 2006.

56 f.: il.

Inclui bibliografia.

Orientador: Antônio Lucineudo de Oliveira Freire.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia/Sistema Agrosilvopastoril) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande.

1 – Adubação fosfatada - Dissertação. 2. Estresse hídrico - Dissertação. I – Título.

CDU: 631.85

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

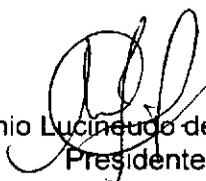
TÍTULO: "Estresse hídrico e adubação fosfatada no crescimento inicial e na qualidade da forragem da gliricídia e do sorgo".

AUTOR: Douglas Alexandre Saraiva Leão

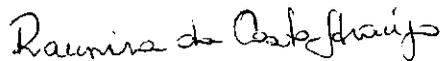
ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO



Prof. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire
Presidente

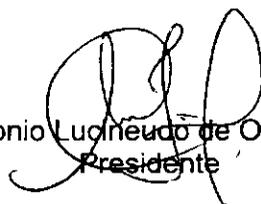


Prof.ª Raunira da Costa Araújo
1º Examinadora



Prof. Diércules Rodrigues dos Santos
2º Examinador

Patos, 14 de junho de 2006.



Prof. Antonio Lucineudo de Oliveira Freire
Presidente

A minha esposa Nikanora, meus filhos Yuri, Gabriel e Rebeca.

Dedico.

Agradecimentos

- A Deus autor e criador de tudo;
- Aos meus pais João Saraiva e Marly Rosa, meus irmãos André, Silvana e Junior, pelo imensurável incentivo a minha eterna gratidão.
- Aos amigos José Bezerra, Valderfram Maia, Luciano Brito, Ecicleide Mamede, M^a do Socorro Cordeiro e Wirllanea que me ensinaram o verdadeiro significado da amizade;
- O meu agradecimento ao Professor Antonio Lucineudo, pelo inestimável papel na minha formação profissional;
- A professora Raunira da Costa Araújo pela sua amizade e paciência;
- A UFCG - Universidade Federal de Campina Grande em especial ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela insigne formação acadêmica;
- Aos Professores José Romilson, Jacob Silva, Aderbal, Rivaldo, Diercules Santos, Olaf Bakker e Ana Célia que contribuíram para minha formação;
- Aos amigos Adalmira, Alexandre, Romualdo e Otavio técnicos do Laboratório de Nutrição Animal do CSTR – Centro de Saúde e Tecnologia Rural.
- Aos colegas de trabalho da FAP – Faculdade de Agronomia de Pombal;
- Aos meus alunos do curso de Agronomia;
- E a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o término deste trabalho.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE TABELAS | x |
| CAPÍTULO I | |
| RESUMO | 1 |
| ABSTRACT | 3 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 5 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1. Efeito do estresse hídrico no desenvolvimento e na produção das plantas | 7 |
| 2.2. Alteração na área foliar..... | 9 |
| 2.3. Alterações no sistema radicular | 10 |
| 2.4. Efeito do estresse hídrico na fisiologia das plantas | 11 |
| 2.5. Gliricídia..... | 14 |
| 2.6. Sorgo..... | 14 |
| 2.7. Fósforo no solo | 16 |
| 2.8. Fósforo e o crescimento da planta | 17 |
| 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS | 19 |
| CAPÍTULO II | |
| Avaliação do efeito de diferentes doses de fósforo no crescimento inicial e na qualidade bromatológica da Gliricídia (<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.) e do Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.), submetidos ao estresse hídrico. | |
| RESUMO | 25 |
| ABSTRACT | 26 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 27 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 28 |
| 2.1. Coleta do solo e análises..... | 29 |
| 2.2. Preparação dos vasos e adubação fosfatada | 29 |
| 2.3. Delineamento experimental e tratamentos | 29 |
| 2.4. Semeadura e desbaste | 29 |
| 2.5. Outros tratos culturais..... | 30 |
| 2.6. Variáveis avaliadas | 30 |
| 2.7. Análises realizadas | 30 |

| | |
|--|----|
| 2.8. Análises estatísticas | 31 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 32 |
| 3.1. Altura de plantas e diâmetro do caule | 33 |
| 3.2. Matéria seca da parte aérea..... | 34 |
| 3.3. Acúmulo de proteína bruta em relação ao regime de umidade | 36 |
| 3.4. Acúmulo de proteína bruta em relação a doses de P | 37 |
| 3.5. Teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido | 38 |
| 4. CONCLUSÕES | 39 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |
| CAPÍTULO III | |
| Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de gliricídia (<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud.) e do sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench.) submetidos a estresse hídrico e doses de fósforo. | |
| RESUMO | 44 |
| ABSTRACT | 45 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 46 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 47 |
| 2.1. Coleta do solo e análises..... | 47 |
| 2.2. Preparação dos vasos e adubação fosfatada | 48 |
| 2.3. Delineamento experimental e tratamentos | 48 |
| 2.4. Semeadura e desbaste | 48 |
| 2.5. Outros tratamentos culturais..... | 48 |
| 2.6. Análises realizadas | 49 |
| 2.7. Análise estatística | 49 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 49 |
| 3.1. Acúmulo de nutrientes em função do estresse hídrico | 49 |
| 3.2. Acúmulo de nutrientes em função das doses de P..... | 51 |
| 3.2.1. Acúmulo de N na parte aérea em função das doses de P..... | 51 |
| 3.2.2. Acúmulo de P na parte aérea em função das doses de P..... | 52 |
| 3.2.3. Acúmulo de Ca na parte aérea em função das doses de P..... | 53 |
| 3.2.4. Acúmulo de S na parte aérea em relação a doses de P | 53 |
| 3.2.5. Acúmulo de Zn na parte aérea em relação a doses de P..... | 54 |

| | |
|---|----|
| 3.2.6. Acúmulo de Mn e Fe na parte aérea em relação a doses de P..... | 55 |
| 4. CONCLUSÕES..... | 57 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Avaliação do efeito de diferentes doses de fósforo no crescimento inicial e na qualidade bromatológica da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), submetidos ao estresse hídrico.

FIGURA 1 – Altura de plantas de gliricídia, sem (a) e com (b) estresse hídrico em função das doses de P 31

FIGURA 2 – Diâmetro do caule de plantas de gliricídia, sem (a) e com (b) estresse hídrico em função das doses de P 31

FIGURA 3 – Altura de plantas de sorgo, sem (a) e com (b) estresse hídrico em função das doses de P 32

FIGURA 4 – Diâmetro do caule de plantas de sorgo, sem (a) e com (b) estresse hídrico em função das doses de P 32

FIGURA 5 – Matéria seca da parte aérea do sorgo e da gliricídia em relação a doses de P 35

FIGURA 6 – Matéria seca da raiz do sorgo e da gliricídia em relação a doses de P 35

FIGURA 7 – Acúmulo de Proteína Bruta na parte aérea do sorgo e da gliricídia em relação a doses de P 37

CAPÍTULO III

Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) submetidos a estresse hídrico e doses de fósforo.

FIGURA 1 – Acúmulo de nitrogênio na parte aérea de plantas de sorgo (a) e gliricídia (b) em função das doses de P 52

FIGURA 2 - Acúmulo de fósforo na parte aérea de plantas de sorgo (a) e gliricídia (b) em função das doses de P 52

FIGURA 3 - Acúmulo de cálcio na parte aérea de plantas de sorgo (a) e gliricídia (b) em função das doses de P 53

FIGURA 4 - Acúmulo de enxofre na parte aérea de plantas de sorgo (a) e gliricídia (b) em função das doses de P 54

FIGURA 5 - Acúmulo de zinco na parte aérea de plantas de sorgo (a) e gliricídia (b) em função das doses de P 55

FIGURA 6 - Acúmulo de manganês na parte aérea de plantas de sorgo (a) e gliricídia (b) em função das doses de P 56

FIGURA 7 - Acúmulo de ferro na parte aérea de plantas de sorgo (a) e gliricídia (b) em função das doses de P 57

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Avaliação do efeito de diferentes doses de fósforo no crescimento inicial e na qualidade bromatológica da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), submetidos ao estresse hídrico.

TABELA 1 – Matéria seca da parte aérea da gliricídia e do sorgo com e sem estresse hídrico34

TABELA 2 - Acúmulo de proteína bruta em porcentagem em plantas de gliricídia e sorgo com e sem estresse hídrico36

TABELA 3 - Teores em percentual de Fibra em Detergente Neutro (FDN) e de Fibra em Detergente Ácido (FDA) de gliricídia e sorgo e submetidos ao estresse hídrico.....38

CAPÍTULO III

Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) em submetidos a estresse hídrico e doses de fósforo.

TABELA 1 – Acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de gliricídia, com e sem estresse hídrico50

TABELA 2 – Acúmulo de potássio na parte aérea de plantas de sorgo, com e sem estresse hídrico50

CAPÍTULO I

Leão, D. A. S. Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial e na qualidade da forragem da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Patos – 2006. 60p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia).

RESUMO – A gliricídia é uma espécie característica de regiões tropicais, tolerante à seca, e vem sendo explorada como planta forrageira pelo seu alto valor nutritivo e também como produtora de estacas vivas. O sorgo é uma gramínea muito importante para o Nordeste brasileiro, por possuir potencial forrageiro e, devido à sua tolerância ao déficit hídrico, o interesse pelo seu cultivo tem aumentado de forma significativa. Foram conduzidos dois experimentos no Viveiro Florestal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG com os objetivos de verificar os efeitos da adubação fosfatada no desenvolvimento, no acúmulo de macro e micronutrientes e na qualidade da forragem de plantas de gliricídia e de sorgo, submetidas ou não ao estresse hídrico. Os experimentos foram conduzidos em vasos com nove quilos de solo, com os tratamentos dispostos em blocos ao acaso, em esquema fatorial 4x2, com 4 repetições, onde o primeiro fator constou de doses de P (0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ de P) aplicados ao solo, e o segundo fator, de dois regimes de umidade (com e sem estresse). Verificou-se aumento na matéria seca da parte aérea das plantas de gliricídia não submetidas ao estresse hídrico, não havendo diferenças significativas para o sorgo. Os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido só foram significativos para gliricídia sem estresse, não ocorrendo diferença significativa para interação proteína bruta e regimes de umidade. O aumento na concentração de P no solo promoveu acréscimos na produção de matéria seca da parte aérea até a dose de 109 mg dm⁻³ de P para o sorgo, e de 119 mg dm⁻³ de P para gliricídia. Nas raízes, houve redução no acúmulo de matéria seca com o aumento da dose de P em ambas espécies. Ocorreu aumento no teor de proteína bruta com aumento nas doses de P até 137 mg dm⁻³ para gliricídia e 121 mg dm⁻³ para o sorgo. A altura de plantas e o diâmetro do caule apresentaram aumento linear em relação às doses de P. O estresse hídrico aumentou a matéria seca da parte aérea, reduziu os teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido e P proporcionou maior acúmulo de matéria seca da parte aérea, proteína bruta e altura e diâmetro do caule de ambas as espécies. O maior acúmulo de N, P, Ca, S, Mn e Fe para gliricídia foram

atingidos com as doses de 137; 146; 150; 116; 134; e 123 mg dm⁻³ de P e, nas plantas de sorgo, nas doses de 121; 126; 125; 126; 104 e 122 mg dm⁻³ de P, respectivamente. O acúmulo de zinco na matéria seca da gliricídia e do sorgo decresceu de forma quadrática com aumento das doses de P, com ponto mínimo de 120 mg dm⁻³ de P para a gliricídia e de 129 mg dm⁻³ de P para o sorgo.

Termos para indexação: Gliricídia, Forragem, Estresse hídrico, Sorgo.

Hydric Stress and phosphate fertilization in the initial development and in the quality of the forage of the gliricidia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) and of the sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). Patos - 2006. 60p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia).

SUMMARY - The *Gliricidia sepium* is a characteristic species of tropical areas, tolerant to the drought, and comes being explored as forage plant by its high nutritious value and also as producing of live stakes. The sorghum is a very important grass for the Brazilian Northeast, for possessing potential forage and, due to its tolerance to the deficit hydric, the interest for its cultivation has been increasing in a significant way. Two experiments were driven in the Forest Nursery of the Centre of Health and Rural Technology of UFCG with the objectives of verifying the effects of the phosphate fertilization in the development, in the accumulation of macro and micronutrients and in the quality of the forage of *Gliricidia sepium* plants and of sorghum, submitted or not to the hydric stress. The experiments were driven in vases with nine kilos of soil, with the arranged treatments in blocks to the maybe, in scheme factorial 4x2, with 4 reapplications where the first factor consisted of doses of P (0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ and P) applied to the soil, and the second factor, of two humidity regimes (with and without stress). Verified the increase in the dry matter of the aerial part of the *Gliricidia sepium* plants not submitted to the hydric stress, not having significant differences for the sorghum. The fibre texts in neutral detergent and fibre in acid detergent were only significant for *Gliricidia sepium* without stress, not happening significant difference for interaction gross protein and humidity regimes. The increase in the concentration of P in the soil promoted increments in the production of dry matter of the aerial part to the dose of 109 mg dm⁻³ of P for the sorghum, and of 119 mg dm⁻³ of P for *Gliricidia sepium*. In the roosters, there was reduction in the dry matter accumulation with increase of the dose of P in both species. Happened increase in the text of gross protein with increase in the doses of P up to 137 mg dm⁻³ for *Gliricidia sepium* and 121 mg dm⁻³ for the sorghum. The height of plants and the diameter of the stem presented lineal increase in relation to the doses of P. The hydric stress increased the dry matter of the aerial part, reduced the fibre texts in neutral detergent and fibre in acid detergent and P provided larger accumulation of dry matter of the aerial part, gross protein and height and diameter of the stem of both species. The largest accumulation of N, P, Ca, S, Mn and Fe for *Gliricidia sepium* was reached with the doses of 137; 146; 150; 116; 134; and 123 mg dm⁻³ of P and,

in the sorghum plants, in the doses of 121; 126; 125; 126; 104 and 122 mg dm⁻³ of P, respectively. The accumulation of zinc in the dry matter of the *Gliricidia sepium* and of the sorghum decreased in a quadratic way with increase of the doses of P, with minimum point of 120 mg dm⁻³ of P for the *Gliricidia sepium* and of 129 mg dm⁻³ of P for the sorghum.

Terms for indexation: Gliricidia, Forage, Hydric stress, Sorgho.

1. INTRODUÇÃO

Um dos fatores de maior preocupação nas regiões semi-áridas do Nordeste do Brasil é a escassez de água. As altas temperaturas, com pequenas variações interanuais exercem fortes efeitos sobre a evapotranspiração que, por sua vez, determinam o déficit hídrico como o maior entrave à ocupação do semi-árido, ressaltando a importância do conhecimento dos mecanismos de adaptação das plantas e formas de amenizar o estresse das mesmas. O estresse hídrico é uma situação comum na agricultura, resultando, quase invariavelmente, em decréscimo de crescimento e produção das culturas (Lecoeur & Sinclair, 1996). A frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agropecuária mundial. De acordo com Ortolani & Camargo (1987), sem se considerar os efeitos extremos, esta limitação é responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção.

No semi-árida do nordeste brasileiro, as produções anuais de biomassa a partir das espécies leguminosas arbóreas e gramíneas nativas dependem, principalmente, do total anual de precipitação e de sua distribuição ao longo do período. Desta forma a pecuária regional, embora fundamental do ponto de vista social, tem sua importância econômica em um nível bastante aquém do seu potencial. Os baixos níveis de produtividade são uma das principais características desta atividade devido à escassez de alimento para o gado que tem como única fonte de alimento as pastagens que são exploradas de forma extrativista.

A criação de bovinos, caprinos e ovinos é uma das mais importantes atividades pecuárias desenvolvidas pelo produtor da região semi-árida do Nordeste e que depende, quase que unicamente, das chuvas e das pastagens nativas. Essas três espécies somam um rebanho de quase 40 milhões de cabeças, mostrando a importância do setor e a necessidade de se estudar a adaptação de espécies que possam suprir as necessidades nutricionais desses animais, e que possam produzir matéria seca de boa qualidade mesmo nas condições adversas do clima.

Para que o estabelecimento de espécies em regiões de clima semi-árido tenha sucesso, é necessário que as plantas cresçam rapidamente enquanto a água estiver disponível e sobrevivam a longos períodos de seca. Esta sobrevivência, entretanto, está condicionada à manifestação de mecanismos fisiológicos que permitam acentuada economia de água sob condições de deficiência hídrica (Levit, 1980).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do estresse hídrico e da adubação fosfatada no crescimento inicial da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O estresse é na maior parte das definições um desvio significativo das condições ótimas para a vida, o que origina mudanças e respostas a todos os níveis do organismo. Estas respostas são inicialmente reversíveis, mas podem tornar-se permanentes. Mesmo se o acontecimento causador de estresse for temporário, a vitalidade da planta diminui com o prolongar deste (Blum et al., 1991). Quando a capacidade da planta para se ajustar é atingida, o que era até aí um dano latente, passa a dano irreversível. O início do distúrbio é seguido pela perda da estabilidade das estruturas (proteínas, biomembranas, etc) e das funções vitais (processos bioquímicos e metabolismo energético). Se o fator de estresse perdura, ocorre resposta da planta em forma de processos adaptativos; esta é a fase de aclimação (Larcher, 2000).

Todavia, isto requer gasto energético, resultando, na menor das hipóteses, em redução do crescimento. Se a intensidade e/ou duração do estresse supera a capacidade de resposta da planta, um estado de exaustão pode ocorrer, podendo ocasionar até a morte da planta (Larcher, 2000).

De acordo com Ludlow & Muchow (1990), a redução no conteúdo de água no solo causa significativa variação na distribuição e desenvolvimento radicular, podendo mudar o período de disponibilidade e a quantidade de água disponível para as plantas. No entanto, nem toda a água que o solo armazena é disponível às plantas (Carlesso, 1995); o mesmo autor diz que o suprimento de água às plantas é determinado pela habilidade da cultura em utilizar a água armazenada no solo, enquanto a demanda da atmosfera, por outro lado, está relacionada à combinação dos fatores meteorológicos interagindo com o dossel vegetativo da cultura.

As respostas das plantas ao potencial de água no solo têm sido estudadas por muitos pesquisadores; entretanto, o potencial de água no solo não indica, de maneira geral, as condições de déficit ou excesso de água na profundidade do solo explorado pelo sistema

radicular das plantas e desta forma, Carlesso (1995), faz restrição ao uso do potencial de água no solo para caracterizar a intensidade de ocorrência de déficit hídrico.

O suprimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera. As influências recíprocas entre esses componentes básicos tornam o sistema dinâmico e fortemente interligado, de tal forma que a condição hídrica da cultura dependerá sempre da combinação desses três segmentos.

Entretanto, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera mais elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera.

2.1. Efeito do estresse hídrico no desenvolvimento e na produção das plantas

O termo estresse hídrico indica um período sem precipitação apreciável, durante o qual o conteúdo em água do solo é reduzido de tal modo que as plantas sofrem de falta de água. Frequentemente, mas não invariavelmente, a falta de umidade no solo está associada a uma forte evaporação causada pela baixa umidade do ar e elevados níveis de radiação (Halim et al., 1989).

O estresse interfere no metabolismo da planta fazendo com que a mesma possa aumentar o conteúdo de matéria seca, fibra e proteína, assim como o percentual de lignina (Santos et al., 2001a). O mesmo autor constatou que o déficit hídrico ocasionado pelo período de estiagem proporcionou menores valores para perfilhamento basal e aéreo e diminuição no percentual folha/caule. Outros autores observam em gramíneas forrageiras a diminuição dos internódios e da lâmina foliar (Barreto et al., 2001).

Na maioria das forrageiras há uma influência não somente na produção, mas também na sua qualidade, embora em menor proporção (Buxton & Fales, 1994). De acordo com Wilson (1982), Halim et al., (1989), Nelson e Moser (1994), seca prolongada geralmente causa atraso na maturidade da planta, bem como redução no crescimento e atraso no desenvolvimento do caule produzindo plantas com maior relação folha: caule e, conseqüentemente, com maiores teores de proteína e melhorando a digestibilidade. À medida que o conteúdo em água diminui, a célula encolhe cada vez mais e as paredes relaxam, os solutos ficam cada vez mais concentrados e a membrana plasmática torna-se mais espessa, uma vez que cobre uma área menor (Nelson & Moser, 1994). Como a perda de turgidez é o primeiro efeito biofísico da carência hídrica, as atividades relacionadas com a turgidez são as mais sensíveis ao déficit hídrico, a carência hídrica não limita apenas a

dimensão das folhas individuais, mas também o número de folhas de uma determinada planta porque diminui quer o número quer o crescimento dos ramos.

O processo e crescimento dos caules é menos estudado, mas provavelmente é afetado pelas mesmas forças que limitam o crescimento foliar durante o estresse (Taiz & Zeiger, 1991). Há evidências de que nas folhas mais jovens o envelhecimento é atrasado pelo estresse hídrico e o declínio no teor de nitrogênio e na digestibilidade da matéria seca é mais lento que nas folhas de plantas não estressadas (Wilson, 1982). Este fato é de particular importância para as gramíneas forrageiras tropicais, que apresentam rápido desenvolvimento do caule sob condições de umidade adequada. Por outro lado, o estresse hídrico promove a senescência e abscisão foliar (Begg et al., 1980; Felipe, 1985). Assim, como as folhas compreendem a parte mais nutritiva das forrageiras, sua perda tem efeito especialmente adverso sobre a qualidade da forragem (Buxton & Fales, 1994).

A frequência e a intensidade do déficit hídrico constituem os fatores mais importantes à limitação da produção agrícola mundial. Investigações de Cirilo & Andrade (1994), demonstraram sensível redução no rendimento de grãos da cultura do milho, causada pelo déficit hídrico. Os trabalhos de Westgate & Boyer (1985), demonstraram que a ocorrência de déficit hídrico durante a fase de enchimento de grãos altera todo o desenvolvimento da planta.

Estudos revelaram que a ocorrência de déficit hídrico se reflete em decréscimo de produção de milho em 25% antes da emissão dos estigmas e 50% na fase de florescimento. A ocorrência de déficit hídrico durante o período de polinização aumenta o abortamento de sementes de milho. De acordo com Kiniry & Ritchie (1985), o estágio em que o número de grãos por espiga é mais sensível ao déficit hídrico compreende o período entre duas semanas antes e duas a três semanas após a antese; Tollenaar et al., (1992), encontraram que o período mais crítico para a formação de grãos do milho é justamente o momento do florescimento.

As investigações de Ney et al., (1994), demonstraram que o déficit hídrico causou significativo efeito na redução do número de grãos de ervilhas, quando ocorreu junto ou após, o florescimento e que sua massa final era função da taxa de desenvolvimento da planta e da duração do período de enchimento dos grãos. A ocorrência de déficit hídrico durante o período reprodutivo do milho reduz a formação da espiga (Herrero & Johnson, 1981). O número de espigas por planta de milho é determinado, geralmente, pelo

suprimento de carboidratos e nitrogênio próximo ao florescimento (Lafitte & Edmeades, 1995).

2.2. Alteração na área foliar

A área foliar total não permanece constante depois da maturação das folhas. Se as plantas sofrerem estresse hídrico após um grande desenvolvimento das folhas, então estas entram em senescência e finalmente caem. Este ajustamento da área foliar é uma mudança que melhora muito a aptidão das plantas para sobreviverem num ambiente com uma limitação hídrica. Muitas espécies do deserto deixam cair as suas folhas durante os períodos de seca, e voltam a criar outras novas após uma chuva. Este ciclo, abscisão-renovação pode ocorrer várias vezes durante uma estação (Lynch & Brown, 2001).

A abscisão durante o estresse hídrico resulta largamente do aumento da síntese e da sensibilidade dos tecidos ao hormônio etileno (Taiz & Zeiger, 1991). A resposta mais proeminente das plantas ao déficit hídrico, segundo McCree & Fernández (1989), consiste no decréscimo da produção da área foliar, do fechamento dos estômatos, da aceleração da senescência e da abscisão das folhas. Quando as plantas são expostas a situações de déficit hídrico exibem, freqüentemente, respostas fisiológicas que resultam, de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores.

A água, além de ser necessária ao crescimento das células, é essencial para a manutenção da turgescência. Dale (1988), trabalhando com beterraba açucareira, relata que uma pequena redução no potencial de água no solo afeta a divisão celular, porém não a expansão celular.

A área foliar é um importante fator da produção e determina o uso da água pelas plantas e seu potencial de produtividade é severamente inibido quando exposta a déficit hídrico (Fernández et al., 1996). O estresse hídrico não só limita o tamanho de folhas individuais, mas também o número de folhas porque diminui o número e a taxa de crescimento dos ramos (Taiz & Zeiger, 1991). Redução foliar tanto a diminuição da área de cada folha quanto em relação ao número de folhas de plantas de cevada quando submetidas a estresse hídrico foram observadas por Lawlor et al., (1981), fato também constatado por Nesmith & Ritchie (1992), em estudo semelhante com milho.

A senescência é um efeito comum para a cultura próximo à fase de maturação; no entanto, pode ocorrer também em situação de déficit hídrico severo. A senescência é um mecanismo de fundamental influência na produção final das culturas, pois reduz a área

fotossinteticamente ativa da planta (Wolfe et al., 1988). Isto ocorre porque o solo seco não pode fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura e o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento; entretanto, a intensidade da senescência depende da quantidade de nitrogênio no solo, das reservas de nitrogênio na planta e da demanda de nitrogênio dos pontos de crescimento (Wolfe et al., 1988).

A redução no incremento do índice de área foliar está associada, usualmente, ao desenvolvimento foliar das plantas em situações de déficit hídrico, podendo estar relacionada com a pequena redução no tamanho das folhas individuais ou com a menor produção de folhas; porém, plantas com déficit hídrico podem alterar a interceptação da radiação solar através de modificações na exposição e duração da área foliar (Taiz & Zeiger, 1991). Jamieson et al., (1995), em pesquisas realizadas com a cultura da cevada, verificaram que o índice de área foliar está relacionado à transpiração e que varia com a época de ocorrência do déficit hídrico.

2.3. Alterações no Sistema Radicular

A relação raiz-parte aérea depende de uma rede complexa de processos nutricionais e do desenvolvimento, podendo-se considerar que existe um balanço funcional entre a absorção de água pelas raízes e a fotossíntese na parte aérea. Este balanço pode ser exposto da seguinte maneira: a parte aérea de uma planta crescerá até ficar tão grande que a absorção de água pelas suas raízes se tornará limitante para um crescimento maior; inversamente um sistema radicular crescerá até que a sua necessidade em fotoassimilados se iguale a quantidade que é produzida na parte aérea (Taiz & Zeiger, 1991). O mesmo autor diz que o aumento do crescimento das raízes para as camadas úmidas, mais profundas, depende da distribuição de fotoassimilados para os ápices radiculares.

Normalmente, os frutos predominam sobre as raízes em termos de preferência para a distribuição de fotoassimilados que assim são desviados das raízes. Esta competição entre frutos e raízes para os fotoassimilados permite explicar porque razão as plantas são mais sensíveis a um déficit hídrico na fase da reprodução que na fase vegetativa.

De acordo com Hoogenbomm et al., (1987), em condições de déficit hídrico há maior expansão das raízes, devido ao secamento da superfície do solo. Durante o desenvolvimento das plantas, a densidade e o comprimento de raízes aumentam até o início

da floração das plantas, decrescendo posteriormente, com diminuição na eficiência de absorção de água.

Segundo Grant & Robertson (1997), quando as raízes encolhem devido ao dessecação a sua superfície deixa de estar em contacto com as partículas de solo que seguram a água. Por outro lado, os pêlos radiculares partem-se muitas vezes quando são puxados pela retração da raiz.

O desenvolvimento do sistema radicular nas camadas mais profundas do perfil possibilita às plantas explorar melhor a umidade e a fertilidade do solo, dependendo das características morfológicas e genótípicas da planta (Goldmann et al., 1989).

Há evidências sugerindo que a raiz pode atuar como um sensor primário do déficit hídrico no solo, transferindo um estímulo para a parte aérea (Pierce & Raschke 1980; Henson 1983; Blackman & Davies 1985; Henson 1985; Gollan et al., 1986; Zhang et al., 1987), que pode levar à síntese e/ou acúmulo no nível endógeno do ácido abscísico no mesófilo, atuando como um potente controlador do fechamento estomático (Grant & Robertson, 1997).

2.4. Efeito do estresse hídrico na fisiologia das plantas

O controle da perda de água através da transpiração é realizado pelo fechamento estomático, sendo este o único processo de resposta instantânea no contínuo solo-planta-atmosfera (Lawlor & Cornic, 2002). Todavia, como tal controle está diretamente ligado ao suprimento de CO₂ à folha, a condutância estomática deve variar ao longo do tempo, de forma a haver um mínimo de perda de água para uma máxima assimilação de CO₂ (Boyer 1978; Cornic & Briantais 1991).

Quando as células do mesófilo se tornam ligeiramente desidratadas duas coisas acontecem. Primeiro o ABA armazenado no cloroplasto é liberado para o apoplasto, de modo que o fluxo da transpiração o conduz às células-guarda (Cornish & Zeevaart, 1985); segundo, a taxa de síntese líquida de ABA é incrementada; esta síntese de ABA aumenta depois de iniciado o fechamento estomático e contribui para aumentar ou prolongar o efeito do fechamento inicial ocasionado pelo ABA liberado pelos cloroplastos.

Também mensagens do sistema radicular podem afetar a resposta dos estômatos ao estresse hídrico. Há dois tipos de evidências neste sentido. Primeiro, a condutância estomática é freqüentemente muito mais relacionada com o status de água no solo que na folha e, a única parte de planta que pode ser diretamente afetada pelo status energético da

água do solo é o sistema radicular. Na realidade, até mesmo a desidratação de apenas uma parte do sistema radicular pode causar fechamento estomático, embora a outra porção das raízes, em condições adequadas de umidade, ainda possa suprir a demanda de água da copa (Carlesso, 1995).

O segundo tipo de evidência dos mensageiros das raízes, é que estas são capazes de produzir ácido abscísico, o qual é exportado para as folhas através da seiva do xilema. Quando plantas de *Commelina communis* foram postas a crescer com seu sistema radicular dividido em dois recipientes, sofrendo restrição de água em um deles, a concentração de ABA nas raízes acondicionadas no recipiente seco, aumentou consideravelmente (Zhang et al. 1987). Os estômatos fecharam como resposta ao tratamento, apesar de nenhuma mudança ter ocorrido no potencial hídrico foliar; uma comprovação de que os estômatos não fecham apenas por movimento hidropassivo.

Inúmeros pesquisadores têm investigado os efeitos do déficit hídrico na fotossíntese, entre eles Blum et al., (1991), Ritchie et al., (1990), Heitholt et al., (1991) e Morgan & Le Cain (1991).

Os primeiros efeitos da desidratação são observados na redução do crescimento foliar e da condutância estomática (Boyer, 1983). Com a severidade do estresse, a fotossíntese, além de ser reduzida pelo fechamento estomático, será afetada pela atividade fotossintética e do ciclo de Calvin (Chaves, 2004). A fotossíntese líquida e a transpiração de espécies como o feijoeiro começa a ser reduzida quando o potencial de água na folha se situa entre $-0,3$ e $-0,5$ Mpa. Com o decréscimo do potencial de água na folha para $-0,9$ a $-1,0$ Mpa, a fotossíntese líquida e a transpiração é praticamente nula. (O'tooler et al., 1977).

A fotossíntese desempenha importante papel na produção de uma cultura (Wullschleger & Oosterhuis, 1990), pois o rendimento de grãos é potencialmente influenciado pela duração da taxa de acumulação de carboidratos (Crafts-Brandner & Poneleit, 1992). De acordo com Jordan (1983), o déficit hídrico pode afetar a utilização de carboidratos por alterar basicamente a eficiência com que os fotoassimilados são convertidos para o desenvolvimento de partes novas na planta. O déficit hídrico ocasiona mudanças na partição dos carboidratos no interior da planta, condicionando as plantas a desenvolverem mecanismos de adaptação e resistência.

O transporte no floema está dependente da fotossíntese e também da utilização dos fotoassimilados nas zonas de consumo ou armazenamento. O estresse hídrico diminui a fotossíntese e o consumo de fotoassimilados nas folhas. Como a translocação está

dependente da turgidez poder-se-ia pensar que assim que o potencial hídrico diminuísse no floema devido ao estresse, o movimento de fotoassimilados ficaria também diminuído. No entanto, há dados que apontam que a translocação só é afetada muito mais tarde quando outros processos, como a fotossíntese, já foram muito afetados a insensibilidade relativa da translocação à seca permite que a planta mobilize e use as reservas quando são necessárias (por exemplo, no enchimento do grão), mesmo quando o estresse é muito severo.

O ajustamento osmótico, ou a acumulação de solutos nas células é o processo pelo qual a planta diminui o seu potencial hídrico sem redução de turgor. O acúmulo de metabólitos em plantas sob déficit hídrico é conhecido como ajustamento osmótico, que proporciona à planta um abaixamento do potencial osmótico mediante um aumento líquido nos solutos intracelular (Chaves, 1991). Esse ajustamento pode auxiliar a planta a manter o turgor, sustentando, dessa maneira a alongação celular e expansão de regiões de crescimento com o desenvolvimento do déficit (Morgan, 1991; Premachandra et al., 1992).

De forma simplificada, o potencial hídrico (Ψ_w) na planta pode ser descrito pela equação: $\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$, onde 's' é a componente osmótica e 'p' a de pressão. As mudanças no potencial hídrico nos tecidos são resultados, em grande parte, das variações dos componentes osmóticos.

O ajustamento osmótico não deve ser confundido com um aumento na concentração de solutos que ocorre durante a desidratação e a diminuição de volume celular. No ajustamento osmótico o aumento na concentração de solutos é independente das alterações no volume das células resultantes da perda de água. Tipicamente as alterações no potencial osmótico variam de 0,2 a 0,8 MPa, exceto nas plantas particularmente adaptadas a condições de seca. Normalmente os sais usados no ajustamento osmótico são íons inorgânicos como o potássio, ácidos orgânicos, açúcares, aminoácidos, etc.

As folhas que são capazes de ajustamento osmótico mantêm a turgidez para potenciais hídricos mais baixos, o que lhes permite continuar a crescer, e facilitando a manutenção da abertura estomática durante mais tempo.

O ajustamento osmótico tem sido utilizado como critério de seleção para tolerância ao estresse de falta de água entre espécies de eucalipto (Lemcoff et al., 1994), laranjeira (Medina et al., 1999) e genótipos de aveia (Frank et al., 1984).

2.5. Gliricídia

A gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) é uma espécie de grande interesse comercial e interesse econômico, para regiões tropicais, pelas suas características de uso múltiplo, sendo cultivada em diversos países tropicais vulgarmente conhecida como gliricídia no Brasil. É também denominada como madero negro, mata ratón, madre de cacao, no México e em países da América Central (Hughes, 1987). A espécie pertence à família Fabaceae sendo caracterizada como uma planta perene, que se reproduz sexuada e assexuadamente. Apresenta porte arbóreo variando de 12 a 15 metros de altura, com diâmetros de até 30 cm e crescimento cespitoso, formando em média 4 a 5 fustes (Parrota, 1992).

As raízes de gliricídia associam-se a bactérias do gênero *Rhizobium*, com as quais entram em simbiose, originando um grande número de nódulos, responsáveis pela fixação de nitrogênio (Franco, 1988).

A gliricídia é uma espécie característica de regiões tropicais e se adapta às elevadas altitudes, que vão desde o nível do mar até 1.500 metros, apresentando boa plasticidade a diferentes zonas ecológicas. No entanto, a gliricídia apresenta melhor desempenho em regiões de clima quente, com altitude de até 700 m. O melhor crescimento ocorre em áreas que recebem entre 1.500 a 2.300 mm de precipitação ao ano (Little, 1983). É uma espécie que tolera a seca, mas não resiste a geadas (Little, 1983; Hughes, 1987; Franco, 1997). Temperaturas anuais entre 22 e 28°C são características das áreas de distribuição natural e artificial da espécie, com temperaturas máximas entre 34 e 41°C e mínimas variando entre 14 e 20°C (Webb et al., 1984).

Há vários anos esta espécie vem sendo cultivada na região sudoeste da Bahia para o sombreamento do cacau, tendo sido recentemente introduzida nos estados de Pernambuco e Sergipe. Esta espécie se destaca por apresentar rápido crescimento, alta capacidade de regeneração, resistência à seca e facilidade em se propagar sexuada e assexuadamente.

Vem sendo explorada como forrageira pelo seu alto valor nutritivo com percentual de proteína bruta variando de 20 a 30% e também como produtora de estacas vivas e, ainda, como alternativa energética (Drumond & Carvalho Filho, 1999).

2.6. Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) provavelmente foi “domesticado” na Etiópia, cerca de 5.000 anos atrás, e em seguida foi cultivado na África Ocidental, desde o

Sudão até o rio Niger. Esta “domesticação” possivelmente se processou cerca de 1.500 anos antes de serem desenvolvidos os primeiros arados de madeira (Fernandes, 1981).

Embora seja uma cultura antiga, foi somente no final do século XIX que apresentou importância dentre os cereais, chegando a ser o quinto do mundo em área cultivada, após o trigo, milho, arroz e cevada (Olivetti & Camargo, 1997; Lima, 1998).

No Brasil a cultura apresentou expansão a partir de 1971, por iniciativa de empresas produtoras de sementes e rações, como alternativa promissora para substituir o milho, por ser mais rústica e de grande adaptabilidade climática (Mariguele & Silva, 2002).

A gramínea pode ser tipo granífero, quando apresenta até 60% de grãos, do tipo forrageiro, que quase não produz grãos, e do tipo dupla finalidade, quando apresentar de 20 a 30% de grãos (Silva et al., 1999).

O cultivo do sorgo é especialmente importante no Nordeste brasileiro, onde metade da região está sobre a influência de fatores adversos, apresentando uma área de cerca de 840 000 km² classificada como semi-árida. A precipitação média anual, nessa região, varia de 500 a 1000 mm, com grandes áreas apresentando precipitação abaixo de 750 mm (Tabosa, 1993). É uma cultura tropical, exigindo para seu crescimento, temperaturas acima de 18°C, produzindo relativamente bem em regiões com pluviosidade variando de 300 a 600 mm, desde que as precipitações sejam bem distribuídas nos primeiros meses de cultivo (Tabosa et al., 1996).

O crescente aumento das áreas plantadas com sorgo no Brasil mostra o potencial desta forrageira na alimentação animal. A maior tolerância desta planta à seca reduz o risco do plantio no final do período chuvoso.

A utilização do sorgo para a produção de silagem também vem crescendo a cada ano, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas, onde essa cultura se sobressai (Souza et al., 2003).

O sorgo apresenta produção de matéria seca mais elevada que o milho especialmente em condições marginais de cultivo, como aquelas regiões com solos de fertilidade natural mais baixas e locais onde a ocorrência de veranicos é freqüente, devido a sua tolerância a déficit hídrico o interesse por essa cultura tem aumentado de forma significativa (Stone et al., 1996).

Quando comparado com outras plantas forrageiras sob condições de estresse hídrico o sorgo tem se destacado. Singh & Singh (1995), verificaram não haver diferença entre os rendimentos de matéria seca entre o milho (*Zea mays* L.), o sorgo (*Sorghum*

bicolor) e o milheto (*Pennisetum typhoides*), quando cultivados sem déficit hídrico. Mas o sorgo foi superior ao milho em três condições de estresse hídrico. O sorgo também foi superior ao milheto sob estresses hídricos moderados, mas não houve diferença entre ambos sob estresse severo.

Zago (1991), demonstra a versatilidade da planta de sorgo na nutrição de ruminantes destacando o sorgo como uma das culturas mais importantes para a produção de silagem, contribuindo com 10-12% da área total cultivada com silagem no Brasil.

2.7. Fósforo no solo

O fósforo é exigido em menor quantidade que o nitrogênio e o potássio pelas plantas, porém trata-se do nutriente mais usado em adubação no Brasil. Isso se explica pela baixa disponibilidade deste elemento nos solos brasileiros e pela forte interação entre partículas do solo e o íon fosfato, que reduz a disponibilidade de fósforo para ser absorvido pelas plantas. O fósforo é encontrado na solução do solo como íon ortofosfato ($H_2PO_4^-$), sendo que a predominância desta forma é dependente do pH do meio (Fageria et al., 2004).

A deficiência de fósforo é observada com frequência em solos de baixa fertilidade e nos que possuem elevada taxa de absorção ou adsorção desse nutriente, e em condições extremas de intemperismo, como é o caso de alguns Latossolos de Cerrado. O solo é um forte dreno de Pi (Novais & Smyth, 1999) e mais de 80% do Pi existente no solo apresenta-se adsorvido, precipitado ou convertido à forma orgânica (Po) (Schachtman et al., 1998).

O baixo teor de fósforo (Pi) disponível é a limitação nutricional mais generalizada para produção agrícola nos trópicos e sub-trópicos (Raghothama, 1999; Fageria et al., 2004; Fernández & Ascencio, 1994; Parra et al., 2004). Essa situação é ainda mais agravada com o intemperismo, uma vez que os solos passam gradualmente de fontes para drenos de Pi.

A taxa de crescimento das plantas é reduzida desde os primeiros estádios de desenvolvimento, além disso, a deficiência de Pi é uma grande limitação para a fotossíntese e a sua baixa disponibilidade afeta a produção das culturas em 96% dos solos ácidos e pouco férteis na América tropical (Fageria et al., 2004).

O baixo teor de fósforo na solução do solo, solos muito ácidos ou alcalinos, tipo e quantidade de argila predominante no solo, teor de umidade do solo, compactação do solo e temperaturas baixas na fase de emergência das plantas afetam a absorção de fósforo pelas culturas, limitando assim a ação fotossintética das plantas (Bennett, 1994).

O fósforo é um importante elemento requerido para atividade fotossintética e transporte de carboidratos (Alam, 1999; Raghothama, 1999). O sistema de transporte antiporte de Pi e triose-P, devido a uma redução da demanda por sacarose pelo dreno (devido à paralisação do crescimento sob desidratação), pode causar um aumento na síntese de amido com redução na assimilação de CO₂ no cloroplasto. Esse efeito pode ser consequência da baixa quantidade de Pi reciclado no citoplasma (Holbrook & Keys, 2003), portanto, baixo nível de Pi livre citoplasmático induzido pelo déficit hídrico associado à acumulação de açúcares fosforilados pode limitar a produtividade da cultura por meio da redução da taxa de exportação de triose-P do cloroplasto para o citoplasma (Pieteres et al., 2001).

2.8. Fósforo e o crescimento da planta

O fósforo (P) é elemento essencial ao crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas com importante papel no processo de formação de sementes (Bennett, 1994; López-Bucio et al., 2002).

O P é um elemento pouco móvel no solo e seu suprimento para as raízes é efetuado principalmente pelo processo de difusão, o qual depende da umidade do solo e da superfície radicular (Gahoonia et al., 1994). Por sua vez, a umidade do solo interfere diretamente no desenvolvimento das raízes influenciando direta e indiretamente, no fornecimento de P para as plantas (Mackay & Barber, 1985).

O transporte de fósforo para as plantas depende, primariamente do coeficiente de difusão, determinado por temperatura, umidade, estrutura e poder tampão do solo. O crescimento das raízes é decisivo para o estabelecimento do contato entre solo e raiz, sendo função das propriedades físicas do solo e por fatores químicos como toxidez por alumínio e deficiência de cálcio em solos ácidos (Horst et al., 2001).

A deficiência de fósforo pode alterar o desenvolvimento da planta de duas maneiras, atuando como nutriente que estimula a produção de fitomassa radicular, ou funcionando como sinal que regula mudanças na arquitetura radicular (López-Bucio et al., 2002).

fadversas o qual deam1(io da)]T8na as pl

(Marschener, 2002), bem como a arquitetura radicular, proliferação de pêlos radiculares que facilitarão a absorção do elemento (Bates & Lynch, 1996).

O custo de fósforo empregado para o desenvolvimento radicular é maior do que o fósforo utilizado no desenvolvimento das folhas, uma vez que nas raízes parece não ocorrer remobilização de fósforo como no restante da planta durante a senescência (Snapp & Lynch, 1996).

A expansão foliar é estreitamente relacionada á expansão das células epidérmicas (Marschner, 2002) e á concentração interna de fósforo no tecido (López-Bucio et al., 2002). Em dicotiledôneas, a expansão foliar é reduzida pela deficiência hídrica e pela deficiência de fósforo associada á redução da condutividade hidráulica do sistema radicular. A deficiência de P inibe severamente a taxa de crescimento foliar somente durante o dia, tendo pouco efeito durante a noite. Essa diferença entre dia e noite é uma resposta primaria da disponibilidade de água para a expansão foliar durante o dia, causada pela baixa condutividade hidráulica do sistema radicular em função da deficiência de P (Marschener, 2002).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALAM, S.M. Nutrient uptake by plants under stress conditions. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop stress**. New York: Marcel Dekker. p, 285-313, 1999.

BARRETO; G., LIRA M. DE A., SANTOS M. V., DUBEUX J. C. B. Avaliação de Clones de Capim-Elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) e de um Híbrido com o Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Submetidos a Estresse Hídrico., **Rev. Bras. Zootec.**, v.30, p7-11, 2001.

BATES, T; LYNCH, J.P. Stimulation of root hair elongation in *Arabidopsis thaliana* by low phosphorus availability. **Plant Cell and Environment**, v.19, p.529-538, 1996.

BEGG, J.E. TURNER, N.C., KRAMER, P.J. Morphological adaptations of leaves to water stress. In: (Eds.) **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. New York: John Wiley and Sons. P.33-42, 1980.

BENNETT, W. (Ed.) Nutrients deficiencies and toxicities in crop plants: 2. ed. St. Paul: Minnesota APS Press, p.1-7, 1994.

BLACKMAN, P.G.; DAVIES, W.J. Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying. **Journal of Experimental Botany**, v.36, p.39-48, 1985.

BLUM, A.; JOHNSON, J.W.; RAMSEUR, E.L. The effect of a drying top soil and a possible non-hydraulic root signal on wheat growth and yield. **Journal of Experimental Botany**, Oxon, v.42, p.1225-1231, 1991.

BOYER, J.S. Subcellular mechanisms of plant response to low water potential. **Agriculture Eater Manage**, v.7, p.239-248, 1983.

BOYER; J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. **Plant Physiology**, v.46, p.233-235. 1978.

BUXTON, D.R., FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) Forage quality, evaluation and utilization. Madison: **American Society of Agronomy**. p.155-199, 1994.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extrível e a produtividade das culturas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, p.183-188, 1995.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.1-16, 1991.

CHAVES, M.M.; OLIVEIRA, M.M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.2365-2384, 2004.

CIRILO, A.G.; ANDRADE F.H. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. **Crop Science**, Madison, v.34, p.1044-1046, 1994b.

COMISH, K.; ZEEVAART, J.A.D. Movement of abscisic acid into the apoplast in response to water stress in *Xanthium strumarium* L. **Plant Physiology**, v.78, p.623-626. 1985.

CORNIC, G.; BRIANTAIS, J. M. Partitioning of photosynthetic electron flow between CO₂ and O₂ reduction in a C₃ leaf (*Phaseolus vulgaris* L.) at different CO₂ concentrations and during drought stress. **Plant**, v.183, p.178-184, 1991.

CRAFTS-BRANDNER, S.J.; PONELEIT, C.G. Selection for seed growth characteristics: effect on leaf senescence in maize. **Crop Science**, Madison, v.32, p.127-131, 1992.

DALE, J.E. The Control of Leaf Expansion. **Annual Review in Plant physiology**, v.39, 267-95, 1988.

DRUMOND, M.A., CARVALHO FILHO, O.M. de. Introdução e avaliação de *Gliricidia sepium* na região semi-árida do Nordeste Brasileiro. In: QUEIRÓZ, M.A. de, GOEDERT, C.O., RAMOS, S.R.R., (ed.) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido /Brasília-DF. 1999.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA-FILHO, M.P.; STONE, L.F, Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: YAMADA, T., ABADÍA , S.R.S (Ed.) Fósforo na agricultura brasileira, Piracicaba: **Potafos**, p. 435-455. 2004.

FELIPPE, G.M. Etileno. In: FERRI, M.G. (Ed.) **Fisiologia vegetal**. 2.ed. São Paulo: EPU, v.2, p.163-192, 1985.

FERNANDES, C.S. Sorgo - Fertilidade do solo e nutrição de plantas. In: CURSO DE EXTENSÃO SOBRE A CULTURA DO SORGO, 1980, Vitória de Santo Antão, PE. Curso de Extensão sobre a Cultura do Sorgo. Brasília: EMBRAPA-DID., p.7-13. (**IPA. Documentos**, 1). 1981.

FERNÁNDEZ, C.J.; McINNES, K.J.; COTHREN, J.T. Water status and leaf area production in water-and nitrogen-stressed cotton. **Crop Science**, Madison, v.36, p.1224-1233, 1996.

FERNÁNDEZ, D.S.; ASCENCIO, J. Acid phosphatase activity in bean and cowpea plants grown under phosphorus stress **Journal of Plant Nutrition**, v.17, p.229-241,1994.

FRANCO, A. A.; MARADEI, M.; CAMPELLO, E. F. C. Moirões vivos para a construção de cercas ecológicas. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 100, p. 26-28, 1997.

FRANCO, A.A. Uso de *Gliricidia sepium* como moirão vivo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-UAPNPBS, (**EMBRAPA-UAPNPBS. Comunicado Técnico**, 3) 5p, 1988.

FRANK, A.B., BARKER, R.E. & BERDAHL, J.D. Pressure-volume characteristics of genotypes of three wheatgrass species. **Crop Science** .v.24, p 217-220. 1984.

GAHOONIA, T.S.; RAZA S.; NIELSEN, N.E. Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, p.213-218, 1994.

GOLDMANN, I.L.; CARTER, T.E. Jr., PATTERSON, R.P. A detrimental interaction of subsoil aluminum and drought stress on the leaf water status of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.461-463, 1989.

GOLLAN, T.; PASSIOURA, J.B., MUNNS, R. Soil water status effects the stomatal conductance of fully turgid wheat and sunflower leaves. **Australian Journal Plant Physiology**, v.13, p.459-464, 1986.

GRANT, R.F.; ROBERTSON, J.A. Phosphorus uptake by root systems: mathematical modeling in ecosystem. **Plant and Soil**, v.188, p.279-297, 1997.

- HALIM, R.A., BUXTON, D.R., HATTENDORF, M.J. Water stress effects on alfalfa forage quality after adjustment for maturity differences. **Agronomy Journal**, v. 81, p.189-194, 1989.
- HEITHOLT, J.J.; JOHNSON, R.C.; FERRIS, D.M. Stomatal limitation to carbon dioxide assimilation in nitrogen and drought-stressed wheat. **Crop Science**, Madison, v.31, p.133-139, 1991.
- HENSON, I.E. Abscisic acid and water relations of rice (*Oryza sativa* L.): Effects of drought conditioning on abscisic acid accumulation in the leaf and stomatal response. **Annals of Botany**, v.52, p.247-55, 1983.
- HENSON, I.E. Dependence of abscisic acid accumulation in leaves of pearl-millet (*Pennisetum americanum* (L) Leeke) on rate of development for water stress. **Journal of Experimental Botany**, v.36, p.1232-9, 1985.
- HERRERO, M.P.; JOHNSON, R.R. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. **Agronomy Journal**, Madison, v.21, p.105-110, 1981.
- HOLBROOK, G.P.; KEYS, A.J. Evidence for recycling of inorganic phosphate by wheat chloroplasts during photosynthesis at air levels of CO₂ and O₂. **Journal of Plant Physiology**, v.160, p.1351-1360, 2003.
- HOOGENBOOM, G.; HUCK, M.G.; PETERSON C.M. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. **Agronomy Journal**, Madison, v.79, p.697-614, 1987.
- HORST, W.J; KAMH, M; JIBRIN, J.M; CHUDE, V.O. Agronomic measurements for increasing P availability to crops. **Plant and Soil**. v.237. p.211-223, 2001.
- HUGHES, C. E. Biological considerations in designing a seed collection strategy for *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (Leguminosae). **Commonwealth Forestry Review**, London, v. 66, p. 31 - 48, 1987.
- JAMIESON, P.D.; FRANCIS, G.S; WILSON, D.R.; MARTIN, R.J. Effects of water deficits on evapotranspiration from barley. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.76, p.41-58, 1995.

- LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v.36, p.331-335, 1996.
- LEMCOFF, J.L., GUARNASCHELL, A.B., GARAU, A.M., BASCIALLI, M.E. & GHERSA, C.M.. Osmotic adjustment and its use as a selection criterion in *Eucalyptus* seedlings. **Canadian Journal Forest Research**. v.24, p.2404-2408. 1994.
- LEVIT, J. responses of plants to environmental stress. In: KOZLOWSKI, T.T. **Physiological Ecology**. New York: Academic Press, 607p, 1980
- LIMA, G.S. de. Estudo comparativo da resistência à seca no sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estádios de desenvolvimento.. (Dissertação de Mestrado). Recife: UFRPE, 128p, 1998.
- LITTLE, E. Common fuel wood crops: a handbook for their identification. Morgantown, West Virginia: **Communi-Tech Associates**, 354 p, 1983.
- LÓPEZ-BUCIO, J.L.; HERNANDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETO-JACOBO, M.F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and cause changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. **Plant Physiology**, v.129, p.244-256, 2002.
- LUDLOW, M.M. & MUCHOW, R.C. A critical evaluation of trits for improving crop yields in water-limited environments. **Advance in Agronomy**, San Diego, v.43, p.107-153, 1990.
- LYNCH, J.P.; BROWN.K.M. Topsoil foraging: an architectural adaptation to low phosphorus availability. **Plant and Soil**, v.237, p.225-237, 2001.
- MACKAY, A.D.; BARBER, S. Soil moisture effect on root growth and phosphorus uptake by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, p.519-523, 1985.
- MARIGUELE, K. H; SILVA, P. S. L. Avaliação dos Rendimentos de Grãos e Forragem de Cultivares de Sorgo Granífero. Caatinga, v.15, p 13-18, Mossoró, 2002.
- MARSCHENER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 889p.2002.
- McCREE, K.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v.29, p.353-360, 1989.
- MEDINA, C.L., MACHADO, E.C. & GOMES, M.M.A.. Condutância estomática, respiração e fotossíntese em laranjeira “Valência” sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, p.29-34. 1999.
- MORGAN, J.A.; Le CAIN, D.R. Leaf gas exchange and related leaf traits among 15 winter wheat genotypes. **Crop Science**, Madison, v.31, p.443-448, 1991.
- NELSON, C.J., MOSER, L.E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) Forage quality, evaluation and utilization. Madison: **American Society of Agronomy**. p.115-154, 1994.
- NESMITH, D.S.; RITCHIE, J. T. Short- and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, p.107-113, 1992.

NEY, B., DUTHION, C.; TURC, O. Phenological response of pea to water stress during reproductive development. **Crop Science**, Madison, v.34, p.141-146, 1994.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Condições de fósforo no solo e planta em ambientes tropicais. **Viçosa: Editora UFV**, 199, p. 1-7. 1999.

O'TOOLER, J.C.; OZBUN, J.L; WALACE, D.H. Photosynthetic response to water stress in *Phaseolus vulgaris* L. **Physiologia Plantarum**, v.40, p111- 114, 1977.

OLIVETTI, M.P. de A.; CAMARGO, A.M.M. P. de. Aspectos econômicos e desenvolvimento da cultura do sorgo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 27, p12 -18, 1997.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. Influência dos fatores climáticos na produção. In:CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, p.71-100, 1987

PARRA, C.; MARTINEZ-BARAJAS, E.; ACOSTA, J.; COELHO, P .Phosphate deficiency responses of bean genotypes constrasting in their efficiency capacity to grow in low-phosphorus soils. **Agrociência**, v.38, p.131-139, 2004.

PARROTA, J. A. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Gliricidia, mother of cocoa. SO-ITF-SM-50. New Orleans, LA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, **Southern Forest Experiment Station**, 7 p, 1992.

PIERCE, M.; RASCHKE, K. Correlation between loss of turgor and accumulation of abscisic acid in detached leaves. **Planta**, v.148, p.174-82, 1980

PIETERS, A.J.; PAUL, M.J.; LAWLOR, D.W. Low sink demand limits photosynthesis under Pi deficiency. **Journal of Experimental Botany**, v.52, p.1083-1091, 2001.

POTAFÓS. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 177 p. 1998.

PREMACHANDRA, G.S.; SANEOKA, H.; FUGITA, K.; OGATA, S. Osmotic adjustment and stomatal response to walter deficits in maize. **Journal of Experimental Botany**. oxford, v.43, p.1451-1456. 1992.

RAGHOTHAMA, K.G. Phosphate acquisition. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.665-693, 1999.

RITCHIE, S.W.; NGUYEN, H.T.; HOLADAY, A.S. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. **Crop Science**, Madison, v.30, p.105-111, 1990.

SANTOS, E. A; SILVA; D. S; QUEIROZ FILHO, J. L . Composição Química do Capim-Elefante cv. Roxo Cortado em Diferentes Alturas, **Revista Brasileira Zootecnia**, v.30, p.18-23, 2001a.

SCHACHTMAN, D.P; REID, R.J.; AYLING, S.M. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. **Plant Physiology**, v.116, p.147-453, 1998.

SILVA, F. F. da; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; CORRÊA, C. E. S.; RODRIGUEZ, N.M.; BRITO, A. F.; MOURÃO, G. B. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de portes baixo, médio e alto com diferentes proporcionais de colmo + folhas/panícula. 1.Avaliação do processo fermentativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.14-20. Viçosa, 1999.

SINGH, B. R.; SINGH, D. P. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 42, p.57-67, 1995.

SNAPP, S.S.; LYNCH, J.P. Phosphorus distribution and mobilization in bean plants influenced by phosphorus nutrition. **Crop Science**, v.36, p.929-935, 1996

SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.G.; MORAES, S.A.; VALADARES FILHO, R.G.S.C.; ZAGO, C.P.; FREITAS, E.V.V. Valor nutritivo da silagem de sorgo. Revista Brasileira de **Zootecnia**. V.32, p.753-759, 2003.

STONE, L. R.; SCHLEGEL, R. E.; GWIN, R. E. & KHAN, A. H. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. **Agriculture Water Management**, Amsterdam, v.30, p.251- 259, 1996.

TABOSA, J. N.; BRANDÃO, A. R. de M.; LIRA, M. de A.; MACIEL, G. A.; MELO, C. S. de; SANTOS, V. F. dos; SIMPLÓCIO, J. B. Avaliação de híbridos comerciais de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no semi-árido de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.9, p.53-60, Recife, 1996.

TABOSA, J. N.; FRANÇA, J. G. E de; SANTOS, J. P. O.; MACIEL, G. A.; LIRA, M. de A.; ARAJO, M. R. A. de; GUERRA, N. B. Teste em linhas de sorgo no semi-árido de Pernambuco para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.1385-1390 Brasília ,1993.

TAIZ, L.; ZEIGER. **Plant Physiology**. California: The Benjamim/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

TOLLENAAR, M.; DWYER, L.M.; STEWART, D.W. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. **Crop Science**, Madison, v.32, p.432-428, 1992.

WEBB, D. B.; WOOD, P. J.; SMITH, J. P.; HENMAN, G. S. A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. 2. ed. Oxford: Commonwealth Forestry Institute,. (**Tropical Forestry Papers, 15**), 256 p, 1984.

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

WILSON, J.R Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.) Nutritional limits to animal production from pastures. Farnham: **CAB**. p.111-131, 1982.

WOLFE, D.W.; HENDERSON, D.W.; HSIAO, T.C. et al. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.859-864, 1988.

WULLSCHLEGER, S.D.; OOSTERHUIS, D.M. Photosynthetic carbon production and use by developing cotton leaves and bolls. **Crop Science**, Madison, v.30, p.1259-1264, 1990.

ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, Piracicaba, 1991. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 302p. 1991.

ZHANG, J.; SCHURR, U.; DAVIES, W. J. Control of stomatal behavior by abscisic acid which apparently originates in the roots. **J. Exp. Bot.** v.38, p.1174-1181. 1987.

CAPÍTULO II

LEÃO, D. A. S. Avaliação do efeito de diferentes doses de fósforo no crescimento inicial e na qualidade bromatológica da gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), submetidos ao estresse hídrico. Patos – UFCG, 2006. 60p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia).

Resumo: O experimento foi conduzido com o objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de P no crescimento inicial e na qualidade bromatológica da gliricídia e do sorgo submetidos ao estresse hídrico. Os tratamentos foram 0, 50, 100 e 150 mg dm⁻³ de P, com e sem estresse, em blocos ao acaso em esquema fatorial 2x4 com 4 repetições. O aumento na concentração de P no solo promoveu acréscimos na produção de matéria seca da parte aérea até as doses de 109 mg dm⁻³ e 119 mg dm⁻³, respectivamente para sorgo e gliricídia. Para as raízes, houve redução na produção de matéria seca em ambas as espécies, e o menor acúmulo foi obtido com 113 mg dm⁻³ para o sorgo e 101 mg dm⁻³ para a gliricídia. Ocorreu um aumento no teor de Proteína Bruta com aumento das doses de P até 137 mg dm⁻³ para gliricídia e 121 mg dm⁻³ para o sorgo. A altura de plantas e o diâmetro do caule apresentaram comportamento linear crescente em relação às doses de P. O estresse hídrico aumentou a matéria seca da parte aérea, reduziu os teores de Fibra em Detergente Neutro e Fibra em Detergente Ácido e o P proporcionou maior acúmulo de matéria seca da parte aérea, Proteína Bruta, altura e diâmetro do caule de ambas as espécies.

Termos para indexação: Fósforo, forragem, estresse hídrico, gliricídia, sorgo.

LEÃO, D. A. S. Evaluation of the effect of phosphorus in the initial growth and the bromatologic quality of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. and of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. under water stress. Patos - UFCG, 2006. 60p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia).

Summary: The experiment was driven with the objective to evaluate the effect of different doses of P in the initial growth and in the quality bromatological of the (*gliricidia sepium*) and of the sorghum submitted to the water stress. The treatments were 0, 50, 100 and 150 mg dm⁻³ of P, with and without stress, in blocks to the maybe in outline fatorial 2x4 with 4 repetitions. The increase in the concentration of P in the soil promoted increments in the production of dry matter of the aerial part to the doses of 109 mg dm⁻³ and 119 mg dm⁻³, respectively for sorghum and (*gliricidia sepium*). For the roosts, there was reduction in the production of dry matter in both species, and the smallest accumulation was obtained with 113 mg dm⁻³ for the sorghum and 101 mg dm⁻³ for the (*gliricidia sepium*). It happened an increase in the text of Gross Protein with increase of the doses of P up to 137 mg dm⁻³ for (*gliricidia sepium*

1. INTRODUÇÃO

Um dos fatores de maior preocupação nas regiões semi-áridas do Nordeste do Brasil é escassez de água. Isso ocorre devido ao clima predominante na região o que afeta a vegetação e conseqüentemente a pecuária.

O estresse hídrico é uma situação comum na agricultura, resultando, quase invariavelmente, em decréscimo de crescimento e produção das culturas (Lecoeur & Sinclair, 1996).

De acordo com Wilson (1983) Halim et al., (1989) e Nelson & Moser, (1994), seca prolongada geralmente causa atraso na maturidade da planta, bem como redução no

regiões com solos de fertilidade natural mais baixas e locais onde a ocorrência de veranicos é freqüente. Devido a sua tolerância a déficit hídrico o interesse por essa cultura tem aumentado de forma significativa (Stone et al., 1996).

A utilização do sorgo para a produção de silagem também vem crescendo a cada ano, principalmente nas regiões onde essa cultura se sobressai (Souza et al., 2003).

Vários fatores, dentre os quais a irregularidade pluvial e a ausência de uma adubação balanceada, principalmente a fosfatada, concorrem para a escassez de forragem na região semi-árida.

O P é um elemento pouco móvel no solo e seu suprimento para as raízes é efetuado principalmente pelo processo de difusão, o qual depende da umidade do solo e da superfície radicular (Gahoonia et al., 1994).

O elemento fósforo (P) é essencial ao crescimento, ao desenvolvimento e a reprodução das plantas (Bennett, 1994; López-Bucio et al., 2002), com importante papel no processo de formação de sementes (Bennett, 1994).

O baixo teor de fósforo disponível (Pi) é a limitação nutricional mais generalizada para a produção agrícola nos trópicos e sub-trópicos (Raghothama, 1999; Lynch & Brown, 2001; Fageria et al., 2004; Fernández & Ascencio, 1994; Parra et al. 2004).

Devido às secas freqüentes que assolam a região semi-árida nordestina, torna-se necessário o uso de alternativas para melhorar a qualidade da forragem, assim como diminuir a pressão sobre a vegetação nativa. Para isso, torna-se viável a utilização de espécies tolerantes à seca, como a gliricídia e o sorgo. No entanto, devido á baixa fertilidade dos solos da região, é necessário que se utilize adubação com o intuito de aumentar o desenvolvimento das plantas e na tolerância a fatores adversos. Por isso, desenvolveu-se um experimento com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de fósforo no crescimento inicial e na qualidade bromatológica da gliricídia e do sorgo submetidos ao estresse hídrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no CSTR – Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, no período de maio a junho de 2005.

2.1. Coleta do solo e análises

O solo foi coletado na fazenda do Núcleo de Pesquisa para o Trópico Semi-árido (NUPEÁRIDO), do Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) a uma profundidade de 0-25 cm e apresentou as seguintes características: pH em água (1:2,5) = 5,8; H+Al (cmol_c dm⁻³) = 1,1; Ca (cmol_c/dm⁻³) 6,0 e Mg (cmol_c/dm⁻³) = 1,2; K (cmol_c/dm⁻³) = 0,38 e P (mg dm⁻³) = 7,5.

Foi realizada a curva de retenção de água para determinar a CC (capacidade de campo). Para construção da curva, repetiu-se, ao acaso, 6 amostras deformadas de solo, na camada de 0-25 cm utilizando câmaras de pressão de Richards (1949). Tais amostras foram enviadas ao Laboratório de Relações Solo-Água-Planta do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG, onde foram misturadas e homogeneizadas de forma a se obter uma amostra composta de solo, representativa á do experimento. Para a elaboração da curva característica de retenção de água no solo, foram determinados os pontos 0,0001; 0,001; 0,005; 0,01; 0,03; 0,05; 0,1; 0,5; e 1,5 MPa.

2.2. Preparação dos vasos e adubação fosfatada

Foram utilizados vasos com capacidade para 9 kg, preenchidos com o solo previamente analisado.

Foi efetuada uma adubação com KH₂PO₄, e KCl a 1 N, com as seguintes doses de P (50 mg dm⁻³ = 14,4 ml/vaso; 100 mg dm⁻³ = 28,8 ml/vaso; 150 mg dm⁻³ = 43,2 ml/vaso) o KCl foi utilizado para equilibrar o teor de potássio nos 4 tratamentos (0 de P = 43,2 ml de KCl/vaso; 50 mg dm⁻³ de P = 28,8 ml de KCl/vaso; 100 mg dm⁻³ de P = 14,4 ml de KCl/vaso; 150 mg dm⁻³ de P = 0 de KCl).

2.3. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2x4, com 4 repetições. Os fatores em estudo foram: 2 espécies (*Gliricidia sepium*) e (*Sorgum bicolor L. Moenc*), 4 doses de fósforo (0, 50, 100, 150 mg dm⁻³), e 2 regimes hídricos (com e sem estresse hídrico).

2.4. Semeadura e desbaste

Cinco dias após a adubação foi realizada a semeadura, utilizando-se cinco sementes por vaso de cada espécie. A cultivar de sorgo utilizada foi BR 304 (ciclo médio), e o

desbaste foi realizado aos 15 dias após a emergência (DAE), deixando-se duas plantas por vaso.

2.5. Outros tratamentos culturais

O N foi aplicado em cobertura 25 dias após a emergência das plantas, utilizando-se 112 mg dm^{-3} de NH_4NO_3 /vaso, (36ml/vaso) parcelado em três aplicações.

A irrigação dos vasos foi efetuada diariamente, com base no peso dos vasos, procurando manter o teor de umidade dos mesmos próximo de 60% da capacidade de campo. Decorridos 45 DAE, as plantas foram separadas em dois grupos. Um grupo recebeu irrigação normalmente (tratamento controle), enquanto que outro grupo teve a irrigação suspensa (tratamento com estresse hídrico). O estresse hídrico foi imposto até que fosse observada a parada do crescimento das plantas e o enrolamento das folhas do ápice.

2.6. Variáveis avaliadas

Após a instalação do déficit hídrico as plantas foram avaliadas quanto à altura e o diâmetro do caule diariamente. Para o sorgo, a altura foi determinada do colo da planta até a curvatura da folha mais jovem, enquanto que para gliricídia considerou-se como altura a medida do colo da planta até a gema apical.

O diâmetro do caule de ambas as espécies foi determinada com paquímetro digital.

2.7. Análises realizadas

Ao final do experimento 53 DAE, as plantas foram colhidas e separadas em parte aéreas e raízes: o material foi colocado para secagem em estufa com circulação forçada de ar a $\pm 65^\circ\text{C}$, até atingirem peso constante. Após secagem o material foi submetido à pesagem para determinar a matéria seca de raiz e parte aérea (g planta^{-1}). Posteriormente, foi realizada a moagem do material em um moinho tipo Willey, cujas peneiras tinham 1,0 mm de bitola, guardando-se em potes de polietileno devidamente identificado para fins de análises químicas. Posteriormente foram encaminhadas para o laboratório de nutrição animal do CSTR – Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG – Universidade Federal de Campina Grande onde foram realizadas as análises bromatológicas.

As análises Matéria Seca de Proteína Bruta de Fibras em Detergente Neutro (FDN) e de Fibras em Detergente Ácido (FDA) foram realizadas utilizando a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

2.8. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão utilizando-se 5% de nível de significância para o teste de F.

Para as variáveis qualitativas, utilizou-se o teste Tukey para comparação de médias.

Os dados foram analisados utilizando os programas do Statistical Analysis System (SAS, 1991).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que os tratamentos exerceram efeito isolado. Não foi observada interação significativa entre as doses de fósforo e os regimes de irrigação, para as variáveis altura da planta, diâmetro do caule, matéria seca da parte aérea, teor de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido.

3.1. Altura de plantas e diâmetro do caule

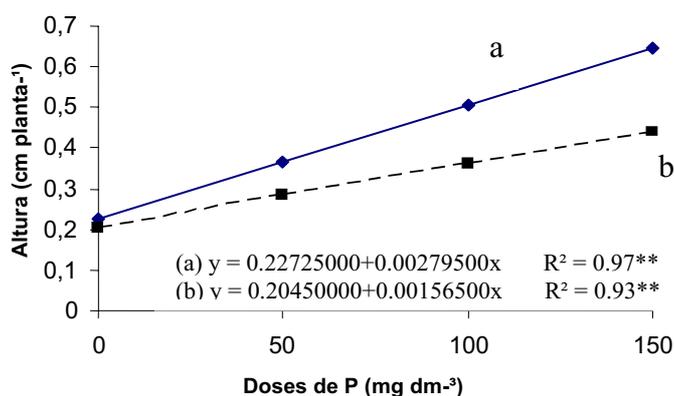


FIGURA 1 – Altura de plantas de gliricídia, sem (a) e com (b) estresse hídrico em função das doses de P.

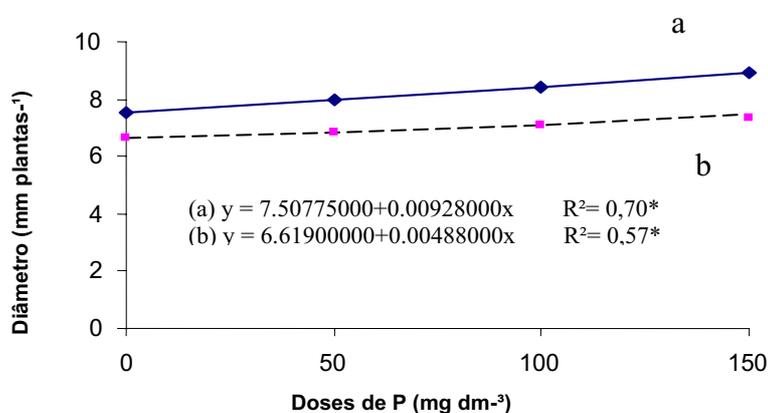


FIGURA 2 – Diâmetro do caule de plantas de gliricídia, sem (a) e com (b) estresse hídrico em função das doses de P.

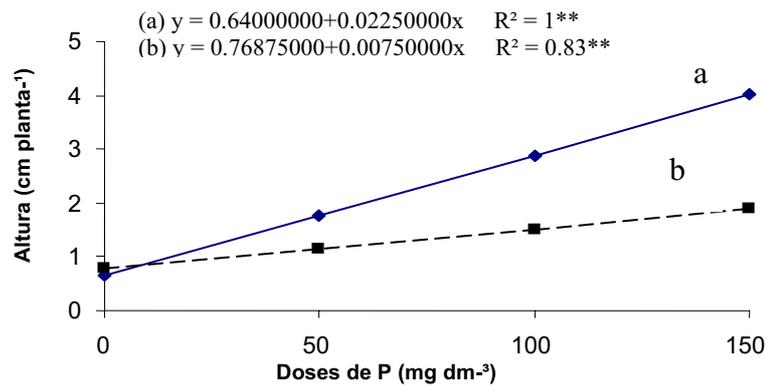


FIGURA 3 – Altura de plantas de sorgo, sem (a) e com (b) estresse hídrico em função das doses de P.

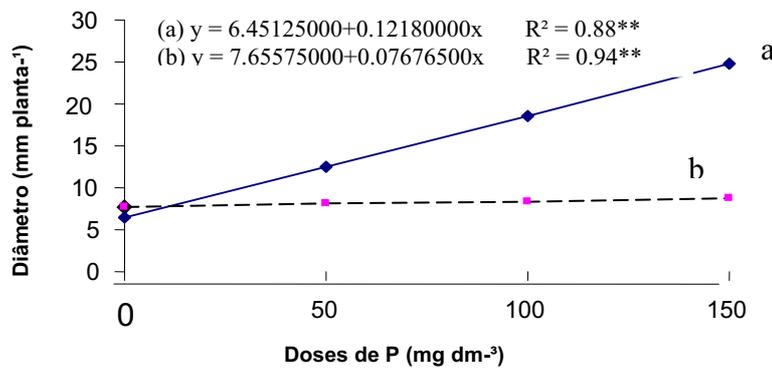


FIGURA 4 – Diâmetro do caule de plantas de sorgo, sem (a) e com (b) estresse hídrico em função das doses de P.

Pelos resultados apresentados nas figuras pode se observar que nas medidas analisadas, (altura e diâmetro do caule), o comportamento da planta a adubação fosfatada foi linear ocorrendo aumento á proporção que foram aumentadas às doses de P aplicadas ao solo, tanto para a gliricídia como para o sorgo o que pode ter ocorrido devido ao fósforo ser absorvido em sua maior parte pelo processo de difusão e as condições de umidade do solo são de grande importância nesse processo de absorção. Franke & Dorfman (1998), reportaram que a absorção de P pelas plantas de milho é proporcional ao conteúdo de água do solo. Klepker & Anghinoni (1995), e Santos et al., (1996), constataram, também, que a elevação de dose de fósforo e os teores de água no solo promovem aumento na produção de biomassa das plantas de milho.

Mesmo com regimes de umidades diferentes as plantas responderam de forma linear as doses de P, onde as maiores alturas e diâmetros de caule foram verificadas nas doses de 150 mg dm⁻³ P que foi a maior dose utilizada nesse experimento, fato que já havia sido observado por Fernandes et al., (2003), trabalhando com cupuaçu em diferentes doses de P, e também por Gonçalves (2004), trabalhando com crescimento de cinco espécies de eucalipto e dois níveis de fósforo onde foi constatado maior crescimento em altura e diâmetro do caule para as maiores doses de P.

O mesmo efeito foi constatado por Santos Junior (2001), trabalhando com *Brachiaria* no qual se obteve maior desenvolvimento nas maiores doses de P.

O desenvolvimento da planta pode não ter sido influenciado de forma negativa devido à adubação com P ter ocorrido por ocasião da semeadura e em condições ótimas de umidade do solo. Grande número de estudos, em muitas espécies de plantas, tem mostrado que o suprimento de P na fase inicial da vida da planta é fundamental para o ótimo rendimento da cultura. A falta de P no início do desenvolvimento restringe o crescimento, condição da qual a planta não mais se recupera. A falta de P no período mais tardio do ciclo tem muito menor impacto na produção da cultura do que a no início (Marschner, 1995).

O P desempenha função chave na fotossíntese, no metabolismo de açúcares, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, no alargamento das células e na transferência da informação genética. Promove a formação inicial e o desenvolvimento da raiz, bem como o crescimento da planta em altura e o diâmetro do caule e é vital para formação de sementes (Potafós, 2005).

Desta forma, as altas concentrações de P armazenadas na semente, ou provenientes do consumo nos estádios iniciais de desenvolvimento formam as reservas de P disponível que podem satisfazer as necessidades advindas das flutuações no suprimento, na fase tardia do ciclo de vida das plantas (Malavolta, 1989).

É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos que regulam o crescimento das plantas (Marschner, 1995).

As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em redução no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente. O suprimento adequado de P e água são essenciais desde os estádios iniciais de crescimento da planta, pois, a falta de água interfere diretamente na absorção de P.

3.2. Matéria seca da parte aérea.

Os dados referentes aos efeitos dos regimes de irrigação na matéria seca da parte aérea das plantas encontram-se na Tabela 1. Verificou-se que as plantas de gliricídia que não foram submetidas ao estresse hídrico apresentaram matéria seca superior aquelas que passaram por estresse hídrico.

Não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos para matéria seca da parte aérea das plantas de sorgo. É provável que isso tenha ocorrido devido ao fato da fitomassa das gramíneas ser mais afetada na fase de emborrachamento do que na sua fase inicial de desenvolvimento. O sorgo possui características fisiológicas que permitem paralisar o crescimento ou diminuir as atividades metabólicas durante o estresse hídrico e reiniciar o crescimento quando a água se torna disponível (Masojidek et al., 1991).

TABELA 1 – Matéria seca da parte aérea da gliricídia e do sorgo com e sem estresse hídrico.

| Espécie | Regimes de irrigação | |
|----------------|----------------------|--------------|
| | Com Estresse | Sem Estresse |
| Gliricídia (g) | 7.11b | 9.53a |
| Sorgo (g) | 21.36a | 22.59a |

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,01$).

De acordo com McMichael & Quisenberry (1993), o déficit hídrico pode mudar a partição de assimilados entre as raízes e parte aérea, o que pode causar grande efeito na produtividade da planta, diminuindo também acumulação de biomassa da parte aérea da planta.

Os resultados obtidos concordam com os demais trabalhos já realizados, pois um dos mecanismos de defesa da planta sob condições de estresse hídrico é a redução da sua parte aérea (por ocorrer abscisão e redução da área fo 0,01as49l um

redução da superfície fotossintetizante e da matéria seca, causadas por um decréscimo no tamanho da parte aérea.

Nesse sentido, Mengel & Kirkby (1982), relatam que, quando uma tensão hídrica externa se traduz em déficit hídrico, ocorre uma série de mudanças fisiológicas e metabólicas, resultando, de imediato, na redução do crescimento e conseqüentemente menores quantidades de matéria seca na parte aérea.

Segundo Arkin et al., (1978), o déficit hídrico pode também afetar o desenvolvimento do dossel vegetativo através da alteração no número total de folhas da planta, na taxa de expansão e na senescência.

Quanto aos efeitos das doses de fósforo no acúmulo da matéria seca, verificou-se efeito quadrático. O maior acúmulo se deu nas doses de 109 mg dm⁻³ e 119 mg dm⁻³ para o sorgo e gliricídia respectivamente. Nas raízes, observou-se efeito quadrático (Figura 6) com decréscimo, atingindo menor acúmulo em 113 mg dm⁻³ e 101 mg dm⁻³, respectivamente para o sorgo e gliricídia.

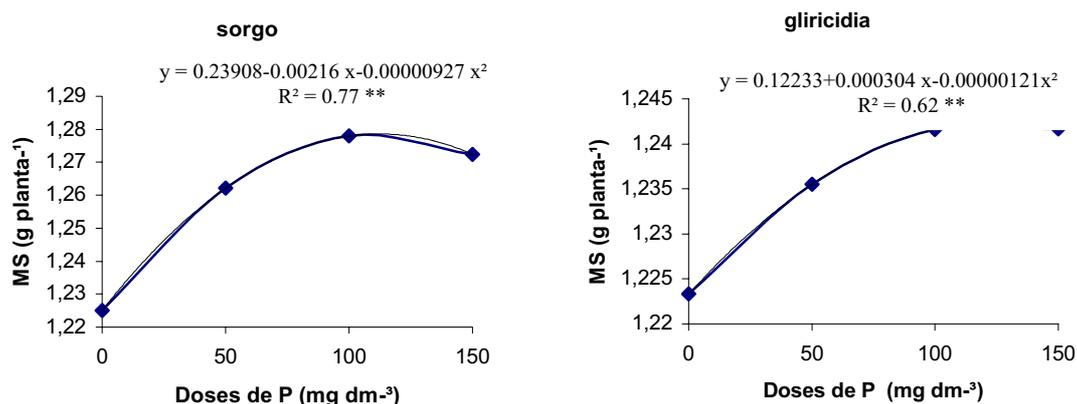


FIGURA 5 – Matéria seca da parte aérea do sorgo e da gliricídia em relação às doses de P.

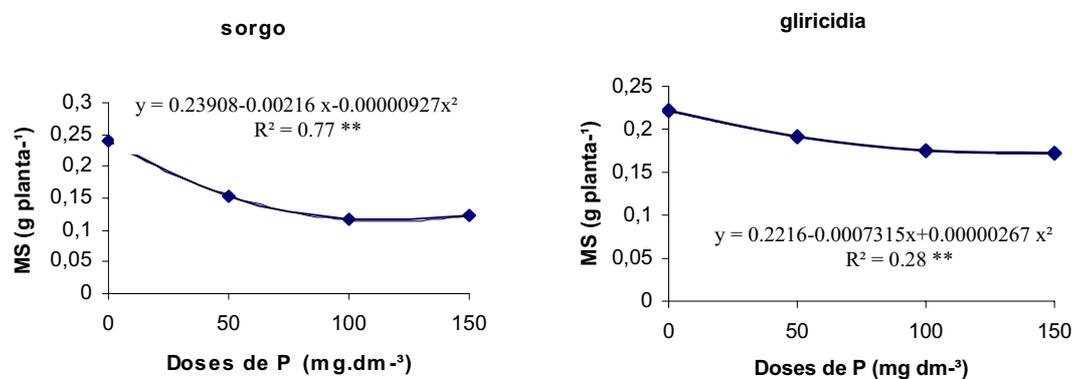


FIGURA 6 – Matéria seca da raiz do sorgo e da gliricídia em relação a doses de P.

A partição de fotoassimilados entre raízes e parte aérea, avaliada pelo quociente entre a matéria seca produzida nesses dois componentes da planta, tem sido explorada como indicadora do status nutricional das plantas em relação ao suprimento de P, onde, em geral, à medida que se aumenta a disponibilidade do nutriente no substrato, tem-se um menor crescimento radicular em razão de passar-se a ter a incorporação preferencial dos produtos da fotossíntese nos órgãos aéreos (Faria, 1993; Burslem et al., 1995; Rocha, 1995).

3.3. Acúmulo de proteína bruta em relação ao regime de umidade

A análise dos dados referentes aos teores de proteína bruta revelou que houve diferença significativa para regimes de umidade para a gliricídia não apresentando diferença significativa para o sorgo (Tabela 2).

TABELA 2 - Acúmulo de proteína bruta em porcentagem em plantas de gliricídia e sorgo com e sem estresse hídrico.

| Espécie | Regimes de irrigação | |
|--------------|----------------------|--------------|
| | Com Estresse | Sem Estresse |
| Gliricídia % | 22,05a | 18,13b |
| Sorgo % | 29,45a | 28,58a |

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,01$).

A gliricídia submetida à condição de estresse hídrico apresentou teores de proteína bruta significativamente maiores comparadas ao tratamento sem estresse. Esses resultados concordam com os observados por Dias Filho et al., (1991), que trabalhando com capim-tobiatã sob dois regimes de umidade, encontrou maiores teores de PB nas plantas submetidas a estresse hídrico. Mislevy & Everett (1991), também relataram efeito positivo do estresse hídrico no teor de proteína bruta de dezesseis gramíneas forrageiras tropicais.

Vale salientar, entretanto, que essa diferença nos teores de PB entre os dois regimes de umidade é evidenciada pelo fato de o estresse hídrico ter sido imposto na fase inicial do crescimento, sendo que, possivelmente, essa diferença poderia diminuir, caso o estresse ocorresse quando as plantas estivessem numa fase mais avançada do processo de maturação devido ao estresse hídrico causar atraso no processo de maturidade da planta,

resultando em declínio mais lento da qualidade da forragem, conforme relata Wilson (1983). De maneira geral, o desenvolvimento da maturidade da planta é acompanhado por diminuição do teor de proteína bruta, em detrimento do aumento do teor de fibra (Reid et al., 1979; Silva, 1979; Azevedo, 2000).

Seca prolongada geralmente causa atraso na maturidade da planta, bem como redução no crescimento e atraso no desenvolvimento do caule (Halim et al., 1989), produzindo plantas com maior relação folha: caule e, conseqüentemente, com maiores teores de proteína (Nelson & Moser, 1994).

3.4. Acúmulo de proteína bruta em relação a doses de P

O acúmulo de Proteína Bruta aumentou com o aumento das doses de P, apresentando comportamento quadrático (Figura 7) em relação às doses de P. Para a gliricídia, o maior acúmulo foi verificado na dose de 137 mg dm⁻³, enquanto que para o sorgo o maior acúmulo foi encontrado na dose de 121 mg dm⁻³. Existem na literatura poucas informações a respeito dos efeitos do fósforo na digestibilidade da forragem. No entanto, sabe-se que a adubação pode aumentar a qualidade da forragem de forma indireta através do estímulo ao crescimento, resultando na formação de partes novas da planta de elevado valor nutritivo, ou mesmo alterando a composição das forrageiras aumentando a quantidade de folhas, o que pode explicar o comportamento quadrático de fósforo para a proteína bruta (Wilson, 1983). O fato da proteína bruta das folhas serem superiores às do colmo já foi evidenciado em outras pesquisas (Abrahão, 1996), haja visto que as folhas são as partes mais digestíveis da planta e mais ricas em proteínas, havendo diferença de solubilidade da fração protéica da folha com relação à do caule.

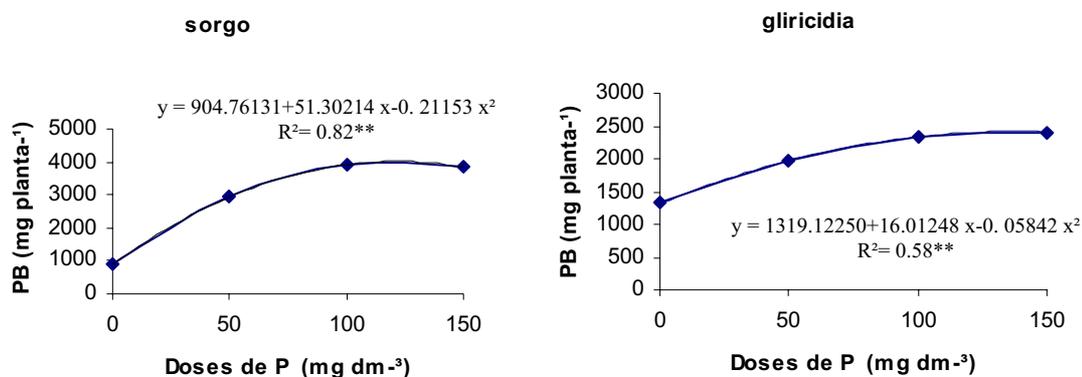


FIGURA 7 – Acúmulo de proteína bruta na parte aérea do sorgo e da gliricídia em relação a doses de P.

3.5. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) e de fibra em detergente ácido (FDA).

A análise de variância dos dados referentes aos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) revelou efeito significativo apenas para a gliricídia (Tabela 3).

TABELA 3 - Teores em percentual de Fibra em Detergente Neutro (FDN) e de Fibra em Detergente Ácido (FDA) de gliricídia e sorgo, submetidos ao estresse hídrico.

| Espécie | FDN % | | FDA% | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Com Estresse | Sem Estresse | Com Estresse | Sem Estresse |
| Gliricídia | 49.76b | 51.91a | 24,61b | 29,77a |
| Sorgo | 59.99a | 64.57a | 32,22a | 35,53a |

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,01$).

Os teores mais baixos de FDN e FDA foram verificados nos tratamentos com estresse hídrico. Isso pode ter ocorrido devido ao estresse hídrico retardar a maturidade da planta, bem como aumentar a relação folha/caule, reduzindo os teores de fibra, visto que as folhas representam a parte mais tenra da planta. Esses mesmos resultados foram obtidos por Wilson, (1983); Halim et al., (1989), os quais relataram que as plantas submetidas a estresse hídrico apresentam menor teor de parede celular e conseqüentemente redução da FDN e FDA.

Barreto et al., (2001), trabalhando com capim elefante também constatou que plantas submetidas a estresse hídrico apresentaram menor teor de FDN e FDA.

A proporção de FDN de uma forragem é importante não só para a avaliação de sua composição química, mas também pelo fato de a FDN estar relacionada com consumo máximo de matéria seca (Mertens, 1992). Plantas com teores maiores de FDN têm menor potencial de consumo. Deste modo pode-se afirmar que houve melhoria na qualidade na forragem das plantas de gliricídia, quando submetida a estresse hídrico. Os resultados de FDA obtidos concordam com os relatados por Costa et al., (2003), trabalhando com alfafa,

onde os menores teores de FDA foram encontrados nas plantas em condições de estresse hídrico.

O teor de FDA dos resíduos é importante, pois constitui a porção menos digerível da parede celular pelos microorganismos, sendo na sua quase totalidade de celulose e lignina (Silva, 1990).

4. CONCLUSÕES

Não foi observada interação significativa entre as doses de fósforo e os regimes de irrigação, para as variáveis, altura da planta, diâmetro do caule, matéria seca da parte aérea, teor de proteína bruta, FDN e FDA.

O aumento nos teores de P proporcionou aumento na altura e diâmetro do caule das plantas estudadas.

O fósforo exerceu efeito quadrático positivo no acúmulo de matéria seca da parte aérea.

O estresse hídrico proporcionou acúmulo de proteína bruta e redução nos teores de FDN e FDA nas plantas de gliricídia.

Os teores de proteína bruta das plantas apresentaram comportamento quadrático em relação às doses de P empregadas.

Para todas as características avaliadas os tratamentos exercem efeitos isolados.

Então se recomenda a aplicação de P de 109 a 137 mg dm⁻³ para o sorgo e para a gliricídia de 119 a 121 mg dm⁻³.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ABRAHÃO, J. J. S. Valor nutritivo de plantas forrageiras. *In*: Monteiro, A. L. G., MORAES, A.; CORRÊA, E. A. S. *Forragicultura no Paraná*. Londrina: **CPAF**, p. 93-108, 1996.
- ARKIN, G.F.; RITCHIE, J.T.; MAAS, S.J. A model for calculating light interception by a grain sorghum canopy. **Transaction ASAE**, St Joseph, v.21, p.303-308, 1978.
- AZEVEDO, G.P.C. Produção, composição química e digestibilidade “in vitro” do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) “Cameroon” em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 22, p.7-11, 2000.
- BARRETO; G., LIRA M. DE A., SANTOS M. V., DUBEUX J. C. B. Avaliação de Clones de Capim-Elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) e de um Híbrido com o Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Submetidos a Estresse Hídrico. Valor Nutritivo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30,p. 7-11, 2001.
- BENNETT, W. plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms *In*: BENNETT, W. (Ed.) Nutrients deficiencies toxicities in crop plants: 2. ed. St. Paul: Minnessota APS Press, p.1-7,1994.
- BURSLEM, D.F.R.P.; GRUBB, P.J.; TURNER, I.M. Responses to nutrient addition among shade-tolerant tree seedlings of lowland tropical rain forest in Singapore. **The Journal of Ecology**, Danvers, v.83, p.113-122,1995.
- CARVALHO FILHO, O.M. de; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P.H. *Gliricidia sepium* - leguminosa promissora para regiões semi-áridas. Petrolina, PE: EMBRAPA - CPATSA, (EMBRAPA-CPATSA. **Circular Técnica**, 35). 16p. 1999.
- COSTA, M. L., PEREIRA, R. G. A. Desempenho agrônomo de leguminosas forrageiras nos cerrados de Rondônia. XXXVII **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, Viçosa-MG (CDROOM), 24 a 27 de julho de 2003.
- CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.1-16, 1991.
- DIAS FILHO, M.B.; CORSI, M.; CUSATO, S. Respostas morfológicas de *Panicum maximum* Jacq. Cv. Tobiata ao estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, p.893-898, 1991.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA-FILH, M.P.; STONE, L.F. Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. *In*: YAMADA, T., ABADÍA, S.R.S (Ed.) Fósforo na agricultura brasileira, Piracicaba: **Potafos**, v.3, p. 435-455, 2004.
- FARIA, M.P. Resposta de leguminosas arbóreas ao fósforo e fungo micorrízico em Latossolo Vermelho- Escuro da região Campos das Vertentes (MG). Lavras: ESAL, **Dissertação de Mestrado** . 100p.,1993.
- FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; MELO, P. C. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas do cupuaçuzeiro (*Theobroma Grandiflorum* Schum.) **Cerne**, Lavras, v.9, p. 221-230, 2003.

FERNÁNDEZ, D.S.; ASCENCIO, J. Acid phosphatase activity in bean and cowpea plants grown under phosphorus stress **Journal of Plant Nutrition**, v.17, p.229-241,1994.

FRANCO, A. A.; MARADEI, M.; CAMPELLO, E. F. C. Moirões vivos para a construção de cercas ecológicas. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 100, p. 26-28, 1997.

FRANKE, A. E.; DORFMAN, R. Viabilidade econômica da irrigação sob condições de risco, em regiões de clima subtropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.2003-2013, 1998.

GAHOONIA, T.S.; RAZA S.; NIELSEN, N.E. Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.159, p.213-218, 1994.

GONÇALVES, M. R. PASSOS. C, A, M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, p. 145-161, 2004.

HALIM, R.A., BUXTON, D.R., HATTENDORF, M.J. Water stress effects on alfalfa forage quality after adjustment for maturity differences. **Agronomy Journal**, v.81, p.189-194. 1989.

HUGHES, C. E. Biological considerations in designing a seed collection strategy for *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (Leguminosae). **Commonwealth Forestry Review**, London, v. 66, p. 31 - 48, 1987.

KLEPKER, O.; ANGHINONI, I. Crescimento radicular e aéreo do milho em vasos em função do nível de fósforo no solo e da localização do adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.403-408, 1995.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v.36, p.331-335, 1996.

LEVIT, J. responses of plants to environmental stress. In: KOZLOWSKI, T.T. **Physiological Ecology**. New York: Academic Press, 607p 1980.

LITTLE, E. Common fuel wood crops: a handbook for their identification. Morgantown, West Virginia: **Communi-Tech Associates**, 354 p, 1983.

LÓPEZ-BUCIO, J.L.; HERNANDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETO JACOBO, M.F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and cause changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. **Plant Physiology**, v.129, p.244-256, 2002.

LYNCH, J.P.; BROWN.K.M. Topsoil foraging: an architectural adaptation to low phosphorus availability. **Plant and Soil**, v.237, p.225-237, 2001.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 201p, 1989.

MARSCHENER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: **Academic Press**, 889p. 1995.

MASOJIDEK, J.; TRIVEDI, S.; HALSHAW, L.; ALEXIOU, A.; HALL, D. O. The synergetic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 96, p. 198-207, 1991.

- McMICHAEL, B. L. & QUISENBERRY, J. E. 1993. The impact of the soil environment on the growth of root systems. **Environmental and Experimental Botany**, v.33, p. 53-61, 1993.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Bern: **International Potash Institute**, 655p, 1982.
- MERTENS, D. R. Analysis of fiber in feeds its uses feeds evaluation and ration formulation. In: **Simpósio Internacional de Ruminantes**, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.01-32, 1992.
- MISLEVY, P., EVERETT, P. H. Subtropical grass species responses to different irrigation and harvest regimes. **Agronomi Journal**, v.73, p. 601-604, 1991.
- NELSON, C.J., MOSER, L.E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) Forage quality, evaluation and utilization. Madison: **American Society of Agronomy**. p.115-154, 1994.
- PARRA, C.; MARTINEZ-BARAJAS, E.; ACOSTA, J.; COELHO, P. Phosphate deficiency responses of bean genotypes contrasting in their efficiency capacity to grow in low-phosphorus soils. **Agrociência**, v.38, p.131-139, 2004.
- POTAFOS (2005): [www.ppi.ppic.org], Publicações POTAFOS, Arquivo do Agrônomo nº 10 – **Nutrifatos**, 24 p., 2005.
- RAGHOTHAMA, K.G. Phosphate acquisition. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.665-693, 1999.
- REID, R.L., POST, A.J., OLSEN, F.J. Chemical composition and quality of tropical forages. Morgantown: West Virginia University. (West Virginia University. Bulletin, 669). 43p, 1979.
- RICHARDS, L.A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science**, Baltimore, v.68, p.95-112, 1949.
- ROCHA, R.C. Desenvolvimento de espécies arbóreas com e sem micorrização, transplantadas para solo degradado contendo doses crescentes de fósforo. Lavras: UFLA, **Dissertação de Mestrado**, 74p. 1995.
- SANTOS, E. A.; SILVA, D. S.; QUEIROZ FILHO, J. L. Composição Química do Capim-Elefante cv. Roxo Cortado em Diferentes Alturas, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p. 18-23, 2001a.
- SANTOS, J.C.P.; KAMINSKI, J.; ERNANI, P.R.; MAFRA, A.L. Rendimento de massa seca e absorção de fósforo pelo milho afetado pela aplicação de fósforo, calcário e inoculação com fungos micorrízicos. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.26, p.3-67, 1996.
- SANTOS JUNIOR, J.D.G. Dinâmica do crescimento do capim-Marandu submetidos a doses de nitrogênio. Piracicaba, 79 p. Dissertação (Mestrado) - **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” USP**, 2001.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ, 56p., 1974
- SILVA, M.E.S. Intervalos de cortes e fatores ambientais sobre a produção e valor nutritivo do capim-elefante “Napier” (*Pennisetum purpureum* Schum.). Lavras: ESAL, 85p, 1979.
- SILVA, A.J. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). Viçosa: **Imprensa Universitária**, 1990.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de alimentos: **Métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 235p. 2002.

SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.G.; MORAES, S.A.; VALADARES FILHO, R.G.S.C.; ZAGO, C.P.; FREITAS, E.V.V. Valor nutritivo da silagem de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V.32, p.753-759, 2003.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE INC. SAS System for linear models. Third Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc.329 p. 16-21, 1991.

STONE, L. R.; SCHLEGEL, R. E.; GWIN, R. E. & KHAN, A. H. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. **Agriculture Water Management**, Amsterdam, v.30, p.251- 259,1996.

WILSON, J.R. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.) Nutritional limits to animal production from pastures. Farnham: **CAB**. p.111-131, 1983.

CAPÍTULO III

LEÃO, D. A. S. Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) submetidos a estresse hídrico e doses de fósforo. Patos – UFCG, 2006. 60p. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia).

Resumo: O experimento teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de P no acúmulo de nutrientes na parte aérea de gliricídia e sorgo em dois regimes de umidade. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, disposto em esquema fatorial 2x4 com 4 repetições, sendo dois regimes hídricos (com e sem estresse hídrico) e quatro doses de fósforo (0, 50, 100, 150 mg dm⁻³). Os maiores acúmulos de N, P, S, Cu e Zn foram observados na gliricídia no tratamento sem estresse hídrico. Para o sorgo só houve efeito significativo dos tratamentos para acúmulo de K, com maior valor no tratamento sem estresse hídrico. O maiores acúmulos de N, P, Ca, S, Mn e Fe para gliricídia foram atingidos com as doses de 137; 146; 150; 116; 134; e 123 mg dm⁻³ de P respectivamente. Para o sorgo, os maiores acúmulos de N, P, Ca, S, Mn e Zn foram observados nas doses de 121; 126; 125; 126; 104 e 122 mg dm⁻³ de P. O acúmulo de zinco na matéria seca da gliricídia e do sorgo decresceu significativamente com o aumento das doses de P aplicadas ao solo

Termos para indexação: Estresse hídrico, fósforo, macronutrientes, micronutrientes.

LEÃO, D. A. S. Accumulation of macro and micronutrients in the *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. and *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Submitted to water stress and doses of phosphorus. Patos - UFCG, 2006. 60p. (Dissertation – Mestrado em Zootecnia).

Summary: The experiment had as objective to evaluate the effect of different doses of P in the accumulation of nutrients in the aerial part of (*gliricidia sepium*) and sorghum in two humidity regimes. The experimental delineable was in blocks casualty, arranged in outline factorial 2x4 with 4 repetitions, treatments were constituted by two hydric treatments (with and without water stress) and four Phosphorus doses (0, 50, 100, 150 mg dm⁻³). The largest accumulations of N, P, S, Ass and Zn were observed in the (*gliricidia sepium*) in the treatment without water stress. For the sorghum there was only significant effect of the treatments for accumulation of K, with larger value in the treatment without water stress. Him largest accumulations of N, P, Ca, S, Mn and Faith for (*gliricidia sepium*) were reached with the doses of 137; 146; 150; 116; 134; and 123 mg dm⁻³ of P respectively. For the sorghum, the largest accumulations of N, P, Ca, S, Mn and Zn were observed in the doses of 121; 126; 125; 126; 104 and 122 mg dm⁻³ of P. The accumulation of zinc in the dry matter of the (*gliricidia sepium*) and of the sorghum it decreased significantly with the increase of the doses of applied P to the soil

Index terms: Water stress, phosphorus, macronutrients, micronutrients

1. INTRODUÇÃO

Muitas pesquisas vêm sendo realizadas para estudar os mecanismos de adaptação de plantas a regiões áridas e semi-áridas, dentre elas destacam-se a gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.).

A gliricídia é uma espécie de grande interesse econômico para regiões tropicais por apresentar múltiplas utilidades. É cultivada em diversos países tropicais, vulgarmente conhecida por gliricídia no Brasil; também é denominada de “madero negro”, “mata raton”, “madre de cacaco”, no México e em outros países da América (Hughes, 1987). Há vários anos, esta espécie vem sendo cultivada na região sudoeste da Bahia para o sombreamento do cacau, tendo sido recentemente introduzida nos estados de Pernambuco e Sergipe. Esta espécie se destaca por apresentar rápido crescimento, alta capacidade de regeneração, resistência à seca e facilidade em se propagar sexuada e assexuadamente. Vem sendo explorada como forrageira pelo seu alto valor nutritivo com percentual de proteína bruta variando de 20 a 30%, também como produtora de estacas vivas e, ainda, como alternativa energética (Drumond & Carvalho Filho, 1999).

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) é uma gramínea de especial importância para o Nordeste brasileiro, onde metade da região está sobre a influência de fatores adversos, apresentando uma área de cerca de 840 000 km² classificada como semi-árida (Tabosa, 1993). O crescente aumento das áreas plantadas com sorgo no Brasil mostra o potencial desta forrageira na alimentação animal. Apresenta produção de matéria seca mais elevada que o milho, especialmente em condições marginais de cultivo, como aquelas regiões com solos de fertilidade natural mais baixa e locais onde a ocorrência de veranicos é freqüente (Stone et al., 1996). A utilização do sorgo para a produção de silagem também vem crescendo a cada ano, principalmente nas regiões onde essa cultura se sobressai (Souza et al., 2003). Devido a sua tolerância ao déficit hídrico o interesse por essa cultura tem aumentado de forma significativa (Stone et al., 1996).

O elemento fósforo (P) é essencial ao crescimento, ao desenvolvimento e à reprodução das plantas (Bennett, 1994; López-Bucio et al., 2002), com importante papel no processo de formação de sementes (Bennett, 1994). O baixo teor de fósforo (Pi) disponível é a limitação nutricional mais generalizada para produção agrícola nos trópicos e subtropicais (Raghothama, 1999; Fageria et al., 2004; Fernández & Ascencio, 1994; Parra et al., 2004).

O fósforo da planta encontra-se em cinco grupos: DNA (ácido desoxirribonucléico), o RNA (ácidos ribonucléicos), polímeros de nucleotídeos, ésteres e Pi (fósforo inorgânico), (Malavolta et al., 1997). Embora sendo classificado como macronutriente, os seus teores nas plantas são mais baixos que o nitrogênio e o potássio. Em quantidades adequadas, ele estimula o desenvolvimento radicular, é essencial para a boa formação da planta e incrementa a produção (Raij, 1991).

É um elemento pouco móvel no solo e seu suprimento para as raízes é efetuado principalmente pelo processo de difusão, o qual depende da umidade do solo e da superfície radicular (Gahoonia et al., 1994).

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito de diferentes doses de fósforo no acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de gliricídia e sorgo em plantas submetidas ao estresse hídrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR da UFCG – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, no período de maio a junho de 2005.

2.1. Coleta do solo e análises

O solo foi coletado a uma profundidade de 0-25 cm e apresentou as seguintes características: pH em água (1:2,5) = 5,8; H+Al (cmol_c/dm³) = 1,1; Ca (cmol_c/dm³) = 6,0 e Mg (cmol_c/dm³) = 1,2; K (cmol_c/dm³) = 0,38 e P (mg dm⁻³) = 7,5.

Foi realizada a curva de retenção de água para determinar a CC (capacidade de campo). Para construção da curva, repetiu-se, ao acaso, 6 amostras deformadas de solo, na camada de 0-25 cm utilizando câmaras de pressão de Richards (1949). Tais amostras foram enviadas ao Laboratório de Relações Solo-Água-Planta do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG, onde foram misturadas e homogeneizadas de forma a se obter uma amostra composta de solo, representativa do experimento. Para a elaboração da curva característica de retenção de água no solo, foram determinados os pontos 0,0001; 0,001; 0,005; 0,01; 0,03; 0,05; 0,1; 0,5; e 1,5 MPa.

2.2. Preparação dos vasos e adubação fosfatada

Foram utilizados vasos com capacidade para 9 kg, preenchidos com o solo previamente analisado.

Foi efetuada uma adubação com KH_2PO_4 e KCl a 1 N, com as seguintes doses de P ($50 \text{ mg dm}^{-3} = 14,4 \text{ ml/vaso}$; $100 \text{ mg dm}^{-3} = 28,8 \text{ ml/vaso}$; $150 \text{ mg dm}^{-3} = 43,2 \text{ ml/vaso}$). O KCl foi utilizado para equilibrar o teor de potássio nos 4 tratamentos (0 de P = 43,2 ml de KCl/vaso; 50 mg dm^{-3} de P 28,8 ml de KCl/vaso; 100 mg dm^{-3} de P = 14,4 ml de KCl/vaso; 150 mg dm^{-3} de P = 0 de KCl).

2.3. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2×4 , com 4 repetições. Os fatores em estudo foram: 2 espécies (*Gliricidia sepium*) e (*Sorghum bicolor L. Moenc*), 4 doses de fósforo (0, 50, 100, 150 mg.dm^{-3}), e 2 regimes hídricos (com e sem estresse hídrico).

2.4. Semeadura e desbaste

Cinco dias após a adubação foi realizada a semeadura, utilizando-se cinco sementes por vaso de cada espécie. A cultivar de sorgo utilizada foi BR 304 (ciclo médio), e o desbaste foi realizado aos 15 dias após a emergência (DAE), deixando-se duas plantas por vaso.

2.5. Outros tratamentos culturais

O N foi aplicado em cobertura 25 dias após a emergência das plantas, utilizando-se 112 mg dm^{-3} de NH_4NO_3 /vaso, (36ml/vaso) parcelado em três aplicações.

A irrigação dos vasos foi efetuada diariamente, com base no peso dos vasos, procurando manter o teor de umidade dos mesmos próximo de 60% da capacidade de campo.

Decorridos 45 DAE, as plantas foram separadas em dois grupos. Um grupo recebeu irrigação normalmente (tratamento controle), enquanto que outro grupo teve a irrigação suspensa (tratamento com estresse hídrico). O estresse hídrico foi imposto até que fosse observada a parada do crescimento das plantas e o enrolamento das folhas do ápice.

2.6. Análises realizadas

Ao final do experimento as plantas foram colhidas e separadas em parte aéreas e raízes. O material foi colocado para secar em estufa de circulação forçada de ar a $\pm 65^{\circ}\text{C}$, até atingirem peso constante. Após secagem o material foi submetido a pesagem para determinação de massa seca. Da matéria seca das folhas obtiveram-se os extratos para a determinação dos nutrientes, após a digestão sulfúrica com KCl e selênio como catalisador do N, e digestão nítrico-perclórica dos nutrientes P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn e Fe segundo a metodologia descrita por Sarruge & Haag (1974), cujas concentrações foram determinadas por espectrometria de emissão de plasma. As concentrações foliares de N foram determinadas pelo método de Kjeldahl (LIAO, 1981) sendo a destilação e a titulação realizada segundo Bremner e Edwards (1965).

2.7. Análise estatística

Os modelos de regressão foram ajustados, relacionando-se as doses fósforo aplicadas com as variáveis dependentes obtidas. Adotou-se como critério para escolha dos modelos de regressão o maior coeficiente de determinação, a significância dos coeficientes de regressão até 5 % de probabilidade pelo teste de F e o significado biológico do modelo baseado no nível de significância e R^2 .

Para as variáveis qualitativas, utilizou-se o teste de Tukey para comparação de médias.

Os dados foram analisados utilizando os programas do Statistical Analysis System (SAS, 1991).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Acúmulo de nutrientes em função do estresse hídrico

De acordo com a análise de variância não houve efeito significativo da interação doses de P x regimes de umidade no acúmulo de nutriente. Foram verificados efeitos do P e dos regimes de umidade, isoladamente.

Quanto aos efeitos dos regimes de umidade, verificou-se efeito significativo, para a gliricídia, apenas no acúmulo de N, P, S, Cu e Zn (Tabela 1) e no sorgo apenas no acúmulo de K (Tabela 2).

Verificou-se que os maiores acúmulos ocorreram nas plantas que não foram submetidas a estresse hídrico.

TABELA 1 – Acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de gliricídia, com e sem estresse hídrico.

| | Regimes de Umidade | |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| | Com Estresse | Sem Estresse |
| Macronutrientes (g/planta) | | |
| N | 0.254b | 0.286a |
| P | 0.030b | 0.038a |
| S | 0.014b | 0.019a |
| Micronutrientes (mg/planta) | | |
| Cu | 0.067b | 0.094a |
| Zn | 0.084b | 0.129a |

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,01$).

TABELA 2 – Acúmulo de potássio na parte aérea de plantas de sorgo, com e sem estresse hídrico.

| | Regimes de Umidade | |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| | Com Estresse | Sem Estresse |
| Macronutrientes (g/planta) | | |
| K | 0.620b | 1.230a |

Médias seguidas de letras iguais, nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,01$).

Estes resultados concordam com os obtidos por Silva et al., (2000) que trabalhando com absorção de nutrientes em duas espécies de eucaliptos em diferentes regimes de umidade, verificaram que as plantas submetidas a déficit hídrico apresentaram menores médias de macro e micronutrientes acumulados na parte aérea. Vargas (1983), trabalhando com mecanismos de suprimento mineral para o milho em solos do Rio Grande do Sul também constatou menor absorção de P, K, Ca, Mg em plantas submetidas a déficit hídrico.

A disponibilidade de nutriente para as raízes é altamente dependente do teor de umidade do solo. Quando as plantas estão sob estresse hídrico, elementos como P e K que

se movem para a raiz pelo mecanismo de difusão, podem tornar-se limitados, mesmo estando o solo bem suprido dos mesmos (Munson & Nelson, 1973).

Segundo Barber (1974), o déficit hídrico rigoroso diminui ou inibe a absorção de nutrientes pelas plantas devido a água ser veículo através do qual os íons se movimentam da solução do solo para o sistema radicular das plantas, principalmente quando esse movimento se dá por fluxo de massa e difusão. A falta de níveis adequados de água no solo leva obrigatoriamente à deficiência de nutrientes (Novais et al., 1990). Em experimentos relacionados com absorção de nutrientes, o estresse hídrico simultâneo mascara a interpretação dos resultados. Isso se deve principalmente, à dificuldade para separar os efeitos do estresse hídrico sobre a absorção de íons, produção e partição de biomassa seca (Pitman & Cram, 1977).

3.2. Acúmulo de nutrientes em função das doses de P.

Foi verificado efeito significativo das doses de P no acúmulo de N, P, Ca, S, Mn, Fe e Zn na parte aérea das plantas independentes do regime de umidade empregado.

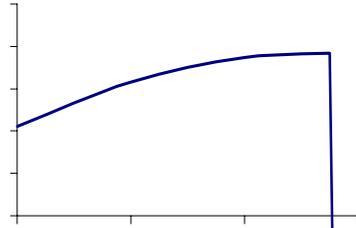
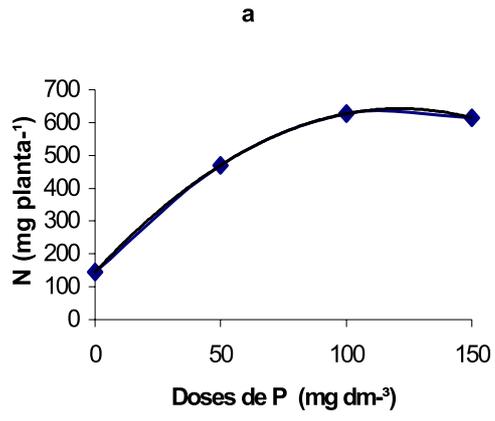
3.2.1. Acúmulo de N na parte aérea em função das doses de P.

O acúmulo de N na parte aérea das plantas apresenta comportamento quadrático em função das doses de P empregada (Figuras 1 a, b).

Com o aumento da concentração de P no solo ocorreu um aumento significativo no acúmulo de nitrogênio na parte aérea de ambas as espécies sendo que o maior acúmulo para gliricídia se deu até a dose de 137 mg dm⁻³ (Figura 1b), enquanto que para o sorgo o maior acúmulo foi nas doses 121mg dm⁻³ de P (Figura 1a).

Resultados semelhantes foram obtidos por Adell et al., (1999) trabalhando com feijão em diferentes doses de P. O nitrogênio e o fósforo possuem forte papel estrutural fazendo parte dos nucleotídeos, os quais formam os ácidos nucleicos (DNA e RNA). Além disso, o nitrogênio está presente nos aminoácidos que formam as proteínas e na própria molécula de clorofila.

O efeito benéfico do nitrogênio sobre as plantas foi evidenciado por (Minson, 1984) que trabalhando com gramíneas sob diferentes doses de P observou que quando há certa quantidade do elemento prontamente disponível no solo, este é absorvido pela planta e incorporado às cadeias carbonadas que em condições normais promovem um aumento do teor de PB da forragem (Noller & Rhykerd, 1974) e conseqüentemente das folhas e colmos.



3.2.3. Acúmulo de Ca na parte aérea em função das doses de P.

Os resultados obtidos para acúmulo de Ca na parte aérea das espécies estudadas em função das doses crescentes de P, foram altamente significativos (≤ 0.01) e se ajustaram ao modelo de regressão quadrático (Figura 3 a, b).

O acúmulo de Ca na parte aérea das plantas teve um acréscimo significativo nas doses 150 mg dm⁻³ para a gliricídia (Figura 3b) e 125 mg dm⁻³ para o sorgo (Figura 3a). Souza (1999), trabalhando com *Brachiaria brizantha* e *Stylozanthes guianensis* encontraram valores superiores ao deste trabalho onde o maior acúmulo de Ca se deu nas doses 261 mg dm⁻³ para *Brachiaria* e 220mg dm⁻³ para *Stylozanthes*.

Trabalhando com adubação em aveia-preta Nakagawa et al., (2003) observou que o acúmulo de Cana parte aérea teve maior incremento nas maiores doses de P, dados que corrobora aos obtidos no presente trabalho.

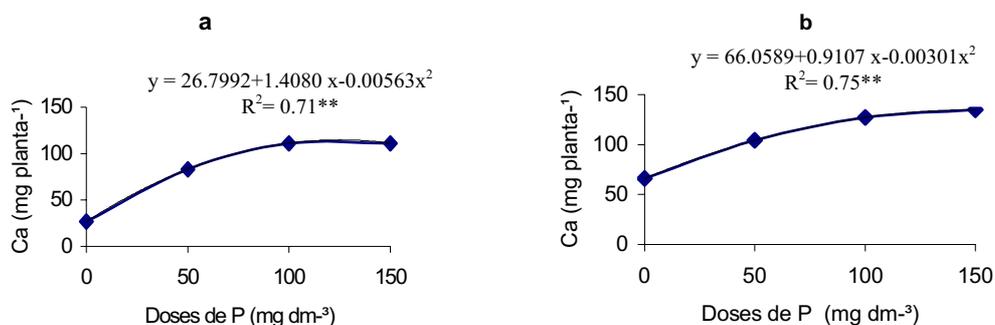


FIGURA 3 - Acúmulo de cálcio na parte aérea de plantas de sorgo(a) e gliricídia(b) em função das doses de P.

3.2.4 Acúmulo de S na parte aérea em função das doses de P.

O acúmulo de enxofre na parte aérea apresentou comportamento quadrático onde os maiores valores ocorreram nas doses de 126 mg dm⁻³ de P para o sorgo (Figura 4a) e 116 mg dm⁻³ para a gliricídia (Figura 4b).

Os resultados obtidos diferem dos de Prado et al., (2005) trabalhando com maracujá amarelo observou que o aumento das doses de fósforo no substrato promoveu efeito linear decrescente no acúmulo de enxofre na parte aérea da planta.

Trabalhando com eucalipto em dois regimes de umidade e diferentes doses de P Silveira et al., (2003), constatou que a umidade do solo influenciou muito mais na absorção e acúmulo de S do que a adubação fosfatada.

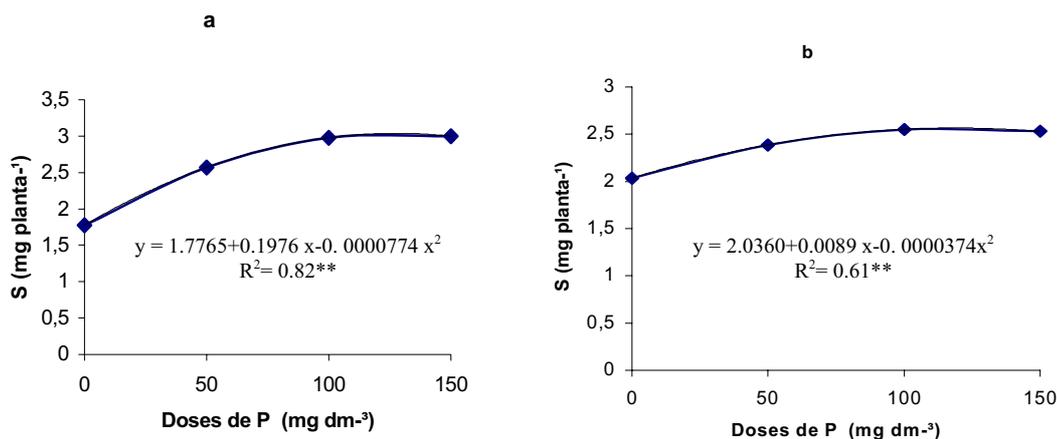


FIGURA 4 - Acúmulo de enxofre na parte aérea de plantas de sorgo (a) e gliricídia (b) em função das doses de P.

3.2.5. Acúmulo de Zn na parte aérea em função das doses de P.

O aumento das doses de P reduziu o acúmulo de Zn na parte aérea do sorgo (Fig 5 a) e da gliricídia (Fig 5 b) de forma quadrática. Para o sorgo, o menor acúmulo ocorreu na dose de 129 mg dm⁻³ de P, enquanto que para a gliricídia o menor acúmulo de Zn foi verificado na dose de 120 mg dm⁻³.

Esta concentração pode estar relacionada com a precipitação do zinco, na forma de fosfato de zinco que impede que a planta absorva o micronutriente.

Em condições de campo, Coutinho et al., (1987), verificaram que a aplicação de doses elevadas de P reduz as concentrações de Zn nas folhas de sorgo, sendo esse resultado atribuído ao “efeito de diluição”. Em ambos os trabalhos, a produção não foi afetada pela redução nos teores do micronutriente.

Na cultura do milho, Souza et al. (1985) e Coutinho et al., (1991), empregando doses até 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, não observaram alterações significativas nos teores de Zn nas folhas, se comparadas às doses mais elevadas de P e a testemunha.

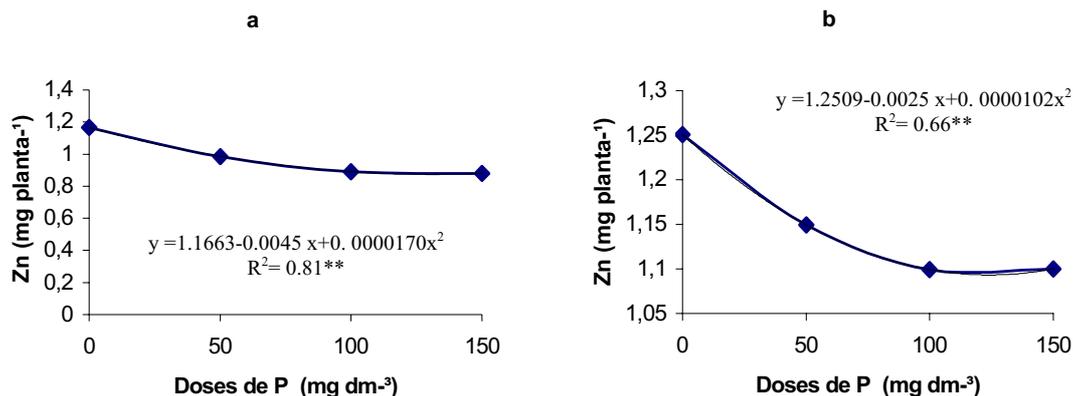


FIGURA 5 - Acúmulo de zinco na parte aérea de plantas de sorgo (a) e gliricídia (b) em função das doses de P.

Muitas pesquisas têm referenciado que a interação do fósforo com o zinco pode afetar a absorção, translocação e concentração desses nutrientes nos tecidos vegetais, provocando relações inadequadas entre os mesmos.

Olsen (1972), propõe que o desequilíbrio entre o P e o Zn, em função de respectivas concentrações excessivas, interfere na função metabólica do zinco em certos sítios celulares, podendo causar: uma diminuição da taxa de translocação de Zn ou P da raiz para a parte aérea; uma diluição da concentração de Zn ou de P na parte aérea da planta em resposta ao P ou Zn, respectivamente ou uma desordem metabólica no interior das células da planta. Redução na concentração de zinco em tecidos vegetais, decorrente da resposta em crescimento das plantas à aplicação do fósforo foi constatada por Marques (1990) e Barbosa (1994), em plantas de seringueira e de aroeira do sertão, respectivamente, caracterizando, assim, o efeito diluição para o nutriente zinco.

Outra hipótese é o fato de que com o aumento das doses de fósforo, ocorre diminuição na concentração de zinco nas plantas. Esta interação entre nutrientes é clássica na literatura, citada por Marschner (1995), Malavolta et al., (1997) e Mengel & Kirkby (2001). Estes autores descrevem que o zinco diminui em função das doses de fósforo pela precipitação com fosfato de zinco.

3.2.6. Acúmulo de Mn, Fe na parte aérea em função das doses de P.

Os resultados obtidos para as quantidades acumuladas de manganês (Figura 6 a, b) e ferro (Figura 7 a, b) indicam que as doses de P exerceram efeitos significativos sobre sua absorção.

O maior acúmulo na parte aérea para manganês foram nas doses de 134 mg dm^{-3} para a gliricídia enquanto que para o sorgo o maior acúmulo ocorreu na dose de 104 mg dm^{-3} de P.

O maior acúmulo de Fe ocorreu nas doses de 126 mg dm^{-3} de P para a gliricídia e para o sorgo ior.815 -1.7259 12 18.3dm

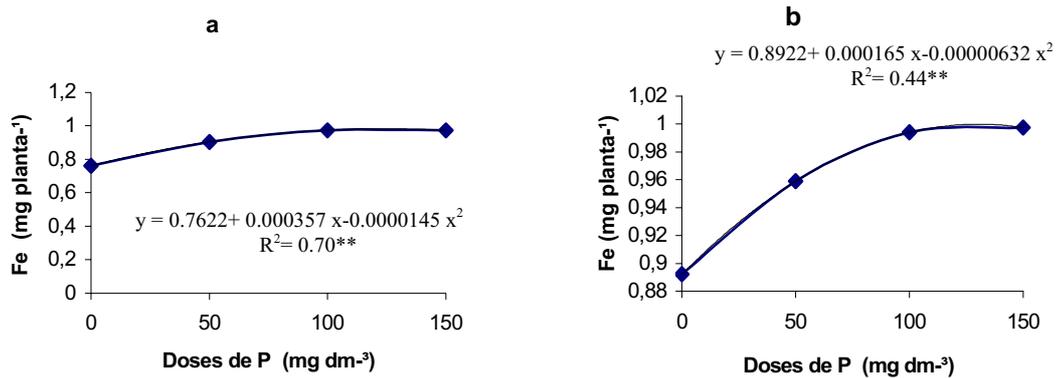


FIGURA 7 - Acúmulo de ferro na parte aérea de plantas de sorgo (a) e gliricídia (b) em função das doses de P.

4. CONCLUSÕES

O estresse hídrico reduziu o acúmulo de N, P, S, Cu e Zn na parte aérea da gliricídia e de K na parte aérea do sorgo;

Houve efeito das doses de P aplicado ao solo sobre os teores acumulados de N, P, Ca, S, Zn, Mn, e Fé nas duas espécies estudadas;

O aumento das doses de P aplicada ao solo resultou em respostas quadráticas no acúmulo de N, P, Ca, e S na parte aérea do sorgo com pontos de máximo nas doses de 121, 126, 125 e 126 mg dm^{-3} de P respectivamente;

O aumento das doses de P reduziu o acúmulo de Zn na parte aérea do sorgo e da gliricídia, com pontos de mínimo na dose de 129 mg dm^{-3} de P para o sorgo e na dose de 120 mg dm^{-3} de P para a gliricídia.

As melhores doses de P para a gliricídia ficaram entre de 123 a 150 mg dm^{-3} e para o sorgo 104 a 126 mg dm^{-3} .

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS:

ADELL, J.J.C.; MONNERAT, P.H.; ROSA, R.C.C. Alterações nos teores foliares de nitrogênio ao longo do desenvolvimento do feijoeiro submetido à deficiência de nitrogênio. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., Salvador,. **Resumos Expandidos**. Goiânia: n

oot

LI AO, C. F.H. Devards alloy method for total nitrogen determination. **Soil Science Society of American, Journal**, Madison, v.45, p.852-855, 1981.

LÓPEZ-BUCIO, J.L.; HERNANDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETO-JACOBO, M.F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and cause changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. **Plant Physiology**, v.129, p.244-256, 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 319p, 1997.

MARQUES, R. Efeito do fósforo e zinco na nutrição e crescimento de porta-enxerto de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Dissertação** – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG, 110 p.1990.

MARSCHENER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: **Academic Press**, 889 p.2002.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Dordrecht: Kluwel, **Academic Publishers**, 687p, 2001.

MALAVOLTA, E.; VITTI, E.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do a estado nutricional das plantas (princípios e aplicações), 2 ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319p.1997.

MINSON, D.J. Effects of chemical and physical composition of herbage eater upon intake. In: HACKER, J.B (Ed.). *Nutritional limits to animal production from pasture*. Farnhan Royal, UK. Commonwealth Agriculture Bureaux. p.167-162. 1984.

MUNSON, R.D.; NELSON, W.L. Principles and practices in plant analysis. In: WALSH, L.M.; BEATON, I.D. Soil Testing and plant analysis, Madison: **Soil Sci. Soc. Amer.**, p.223-248, 1973.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; BICUDO, S.J. Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica em aveia-preta. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.12, p.125-141, 2003.

NEVES, O. S. C.; BENEDITO, D. S.; MACHADO, R. V.; CARVALHO, J. G. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.3, p. 343-349, 2004.

NOVAIS, R.F., BARROS, N.F., NEVES, J.C.L. Nutrição Mineral do Eucalipto. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. (Eds).**Relações solo-eucalipto**. Viçosa, Folha de Viçosa, p. 25-91, 1990.

NOLLER, C.H., RHYKERD,C.L. Relation of nitrogen fertilization and chemical composition of rage to animal health and performance. In: MAYS,D.A. Forage fertilization. Madison: Crop Science Society of América, cap.17, p.363-393, 1974.

NOLLER, C.H.; NASCIMENTO Jr, D.; QUEIROZ, D.S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In: 13º SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DAS PASTAGENS. Produção de bovinos a pasto. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. p.319-352, 1996.

OLSEN, S. R. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of American, p.243-264. 1972.

PITMAN, M.G., CRAM, W.J. Regulation of ion content in whole plants. In: NENHINSGS, D.H. (ed.). **Integration of activity in the higher plants**. London: Cambridge University Press. p. 391-429, 1977.

PRADO, R. DE M.; VALE, D. W.; ROMUALDO, L. M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro, **Acta Science Agronomic**

PITMAN, M.G., CRAM, W.J. Regulation of ion content in whole plants. In: NENHINSGS, D.H. (ed.). **Integration of activity in the higher plants**. London: Cambridge University Press. p. 391-429, 1977.

PRADO, R. DE M.; VALE, D. W.; ROMUALDO, L. M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro, **Acta Science Agronomic**. Maringá, v. 27, p. 493-498, 2005.

RAGHOTHAMA, K.G. Phosphate acquisition. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.665-693, 1999.

RAIJ, B. VAN. Fertilidade do Solo e Adubação. Piracicaba: Ceres, 343p, 1991.

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

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ, 56p., 1974

SILVA, W., SILVA, A.A., SEDIYAMA, T., FREITAS, R.S., Absorção de nutrientes por mudas de duas espécies de eucalipto em resposta a diferentes teores de água no solo e competição com plantas de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v.24, p. 147-159, 2000.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; ANDRADE, T.A. Monitoramento nutricional do clone C219 submetido a dois regimes de umidade e adubação fosfatada. Relatório de pesquisa da Votorantim Celulose e Papel, 13p, 2003.

SOUZA, E.C.A.; SANTIAGO, G.; OLIVEIRA, L.C.L. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação com fósforo e zinco. **Cientifica** v.13, p.39-49, São Paulo, 1985.

SOUZA, R.F., PINTO, J.C., SIQUEIRA, J.O., REZENDE, V. F., Micorriza e fósforo no crescimento de *Brachiaria brizantha* e *Stylosanthes guianensis* em solos de baixa fertilidade. **Pastura Tropicales**, v.21, p.26, Colômbia, 1999.

SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.G.; MORAES, S.A.; VALADARES FILHO, R.G.S.C.; ZAGO, C.P.; FREITAS, E.V.V. Valor nutritivo da silagem de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, p.753-759, 2003.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE INC. SAS System for linear models. Third Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc.329 p., 1991.

STONE, L. R.; SCHLEGEL, R. E.; GWIN, R. E. & KHAN, A. H. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. **Agriculture Water Management**, Amsterdam, v.30, p.251- 259, 1996.

TABOSA, J. N.; FRANÇA, J. G. E de; SANTOS, J. P. O.; MACIEL, G. A.; LIRA, M. de A.; ARAJO, M. R. A. de; GUERRA, N. B. Teste em linhas de sorgo no semi-árido de Pernambuco para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.1385-1390 Brasília, 1993.

VARGAS, R.M.B.; MEURER, E.J. & ANGHINONI, I. Mecanismos de suprimento de fósforo, potássio, cálcio e magnésio às raízes de milho em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 7:143-148. 1983.

VIEGAS, I.de J.M., HAAG, H.P., BUENO, N. *et al.* Nutrient absorption in the first 240 days of growth of *Hevea* spp. **Ciência agrícola (Piracicaba, Braz.)**, v.49, p.41-52, 1992.