

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL  
(DISSERTAÇÃO)

FRANCISCO DAS CHAGAS MONTEIRO

PRODUTIVIDADE DE MATÉRIA SECA, ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO  
QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DE ESTILOSANTES CAMPO GRANDE SOB  
DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NO SOLO

Dra. Maria do Perpétuo Socorro Cortez Bona do Nascimento

Orientadora

Teresina-Piauí

2009

FRANCISCO DAS CHAGAS MONTEIRO

PRODUTIVIDADE DE MATÉRIA SECA, ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO  
QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DE ESTILOSANTES CAMPO GRANDE SOB  
DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NO SOLO

Dissertação apresentada à  
Coordenação do Curso de Pós-  
Graduação da Universidade  
Federal do Piauí, para obtenção do  
grau de Mestre em Ciência Animal,  
com Área de Concentração em  
Produção Animal.

Dra. Maria do Perpétuo Socorro Cortez Bona do Nascimento

Orientadora

Teresina-Piauí

2009

Monteiro, Francisco das Chagas

M775p

Produtividade de matéria seca, estrutura e composição químico-bromatológica de estilosantes Campo Grande, sob diferentes teores de água no solo. / Francisco das Chagas Monteiro. Teresina: 2009.

56 fls.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) UFPI.

Orientador: Dra. Maria do Perpétuo Socorro Cortez Bona do Nascimento.

1. Bromatologia. 2. Estilosantes. I Título.

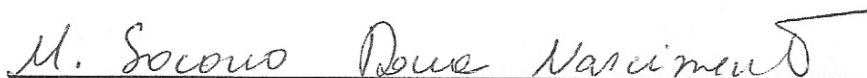
C. D. D. – 612.3

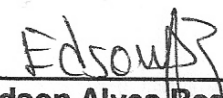
**PRODUTIVIDADE DE MATÉRIA SECA, ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO  
QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DE ESTILOSANTES CAMPO GRANDE SOB  
DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NO SOLO**

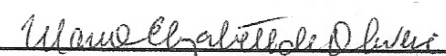
**FRANCISCO DAS CHAGAS MONTEIRO**

**Dissertação aprovada em: 30/09/2009**

**Banca Examinadora:**

  
**Profa. Dra. Maria do P. S. Cortez Bona do Nascimento / EMBRAPA  
(Presidente)**

  
**Prof. Dr. Edson Alves Bastos / EMBRAPA  
(Titular)**

  
**Profa. Dra. Maria Elizabete de Oliveira / DZO/CCA/UFPI  
(Titular)**

Aos meus saudosos e queridos pais, Manoel (in memorian) e Mariinha (in memorian), pela dedicação, amizade, confiança, ensinamentos e, sobretudo, pelos exemplos deixados.

À Luciene, minha esposa e aos nossos filhos Luciana, Giovanni e Joyce, pela confiança depositada, pelo incentivo, pela torcida e também pela compreensão quando das ausências necessárias.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Muitas foram as pessoas – algumas instituições também – que me ajudaram nesta caminhada, de modo a transformar um sonho antigo em realidade. Não é tarefa fácil lembrar de todas. Entretanto, é impossível não citar algumas, em nome das quais eu gostaria, de coração, de agradecer a todas.

À Embrapa Meio-Norte, por minha liberação nos horários de expediente e por viabilizar a execução desta pesquisa;

À Universidade Federal do Piauí, através do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pela oportunidade para a realização do curso;

À Dra. Maria do Perpétuo Socorro Cortez Bona do Nascimento, pesquisadora da Embrapa Meio-Norte e minha orientadora que, por sua simplicidade, amizade, compreensão, conhecimento, mas também pelas cobranças, me mostrou o caminho menos tortuoso e seguro a trilhar;

Ao Dr. Hoston Tomás Santos do Nascimento, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, a quem, por sugestão, enveredei pela área da Ciência Animal;

Ao Dr. Edson Alves Bastos, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, meu co-orientador, pela presteza e análise da parte de irrigação;

Ao Dr. Valdenir Queiroz Ribeiro, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, pela inestimável colaboração nas análises estatísticas;

Ao Dr. José Herculano de Carvalho, pesquisador-aposentado da Embrapa Meio-Norte, grande incentivador e com quem aprendi muito da minha vida profissional;

Ao Dr. João Batista Lopes, então diretor do CCA, por mostrar que, por trás da simplicidade que lhe é peculiar, existe um grande educador;

À Dra. Maria Elizabete de Oliveira, do DZO/UFPI, pela amizade e colaboração;

Ao Dr. Arnaud Azevedo, do DZO/UFPI, pela presteza e constante preocupação com a qualidade do nosso trabalho;

À Dra. Daniele Azevedo, pesquisadora da Embrapa Meio-Norte, pelo companheirismo, compreensão e solicitude;

Ao Dr. Luiz Evaldo, pela simplicidade com que repassa os conhecimentos em estatística;

Aos demais professores do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFPI, pelos conhecimentos, valores e ensinamentos repassados, o que, certamente, me farão crescer pessoal e profissionalmente;

Ao Luis Gomes e ao Vicente, Secretários dos Cursos de Pós – Graduação em Ciência Animal e Agronomia, respectivamente, pela solicitude e disponibilidade, sempre;

Aos laboratoristas Duarte Franco e Antonio Carlos dos Santos, da Embrapa Meio-Norte; Lindomar Uchoa e Manoel José de Carvalho, do DZO/UFPI, pela realização das análises e pela amizade demonstradas;

À Orlane Maia, Bibliotecária da Embrapa Meio-Norte, pela presteza na disponibilização do material bibliográfico;

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, pelo agradável convívio, companheirismo e amizade construídos ao longo desta jornada;

Às colegas Gynna Azar e Keyla Cristiane, pelo grande auxílio nos trabalhos que necessitavam do recurso da informática e pela amizade construída;

À Maiany Carvalho, estagiária da Embrapa Meio-Norte, pela grande colaboração na digitação do trabalho;

Às bolsistas e estagiários da Embrapa Meio-Norte, Sandra Rocha, Darcyyelle Barbosa, Josenildo Oliveira e Raniel Lustosa, que muito contribuíram na condução dos trabalhos em casa de vegetação, laboratório e escritório e,

Àqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram, de alguma forma, para a execução deste trabalho,

Meu muitíssimo OBRIGADO

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	17
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	18
2.1 Origem da cultivar e descrição das plantas .....	18
2.2 Características agronômicas.....	19
2.3 A produtividade das plantas e o déficit hídrico .....	20
2.4 Retenção de água no solo .....	23
2.5 Composição químico-bromatológica .....	25
2.5.1 Proteína bruta .....	25
2.5.2 Fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido .....	26
2.5.3 Cálcio e Fósforo.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 Matéria seca de folhas .....	36
4.2 Matéria seca de caule .....	37



4.3 Matéria seca de raiz.....	38
4.4 Área foliar.....	40
4.5 Proteína bruta .....	41
4.6 Fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido .....	43
4.7 Cálcio e Fósforo .....	45
5. CONCLUSÕES .....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
<b>ANEXOS</b> .....	<b>56</b>

**LISTA DE TABELAS**

Página

Tabela 1. Valores médios de temperatura do ar, luminosidade e umidade relativa do ar, na casa de vegetação, no período do experimento .....	31
Tabela 2. Características químicas do solo utilizado no experimento .....	35
Tabela 3. Características físicas do solo utilizado no experimento .....	35

**LISTA DE FIGURAS**

	Página
Figura 1. Localização geográfica do município de São João do Piauí .....	32
Figura 2. Matéria seca de folha (MSf) (g/vaso) de estilosantes Campo Grande (g/vaso) em função dos níveis de umidade do solo .....	36
Figura 3. Matéria seca de caule (MSc) (g/vaso) de estilosantes Campo Grande em função dos níveis de umidade do solo .....	38
Figura 4. Matéria seca de raiz (MSr) (g/vaso) de estilosantes Campo Grande em função dos níveis de umidade do solo .....	39
Figura 5. Área foliar (Af) (cm <sup>2</sup> ) de estilosantes Campo Grande em função dos níveis de umidade do solo.....	41
Figura 6. Teor de PB de estilosantes Campo Grande em função dos níveis de umidade do solo .....	42
Figura 7. Teores de FDN (a) e FDA (b) em estilosantes Campo Grande cultivada em solo com diferentes teores de umidade.....	44
Figura 8. Teores de cálcio (a) e Fósforo (b) em estilosantes Campo Grande cultivada em diferentes níveis de água no solo .....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ca - cálcio, elemento mineral;

CC – capacidade de campo;

cm - centímetro;

cm<sup>2</sup> - centímetro quadrado;

cv - cultivar;

CCA – Centro de Ciências Agrárias;

CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical;

°C – grau Celsius;

DZO – Departamento de Zootecnia;

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;

EMBRAPA GADO DE CORTE – Unidade descentralizada da EMBRAPA;

FDA - fibra em detergente ácido;

FDN - fibra em detergente neutro;

h - hora

Kg - quilograma;

Kg/ha – quilograma por hectare;

Lux – unidade de medida de luminosidade;

m - metro;

mg – miligrama;

mg/100g – miligrama por cem gramas;

mm – milímetro;

MPa – mega Pascal;

m.s – matéria seca;

MS – Mato Grosso do Sul;

NRC – National Research Council;

N – nitrogênio;

N/ha – nitrogênio por hectare;

N/ha/ano – nitrogênio por hectare por ano;

$\theta_{cc}$  – umidade à capacidade de campo;

P - fósforo, elemento mineral;

PB - proteína bruta;

PI - Piauí;

SC – Santa Catarina;

SP – São Paulo;

SAS - Statistical Analysis System (software para análise estatística);

t/ha – tonelada por hectare;

UFPI - Universidade Federal do Piauí;

# PRODUTIVIDADE DE MATÉRIA SECA, ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA DE ESTILOSANTES CAMPO GRANDE SOB DIFERENTES TEORES DE ÁGUA NO SOLO

Autor: Francisco das Chagas Monteiro

Orientadora: Dra. Maria do Perpétuo Socorro

Cortez Bona do Nascimento

## RESUMO

Nas regiões áridas e semi-áridas, a deficiência hídrica impõe fortes limitações ao crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas. O conhecimento do comportamento das plantas frente a fatores que restringem sua produtividade é necessário para a escolha das espécies a serem cultivadas e para o estabelecimento de práticas adequadas de manejo. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da disponibilidade hídrica sobre características estruturais e químico-bromatológicas do estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes capitata* + *Stylosanthes macrocephala* cv. Campo Grande), em um Latossolo Amarelo, proveniente do semi-árido piauiense. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro níveis de disponibilidade de água (100, 75, 50 e 25% da umidade à capacidade de campo ( $\Theta_{cc}$ ) e quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de um vaso contendo 4,0 kg de solo, com duas plantas. As irrigações iniciaram-se quando as plantas estavam com oitenta e quatro dias de idade e prosseguiram durante 31 dias. Verificou-se relação direta entre a quantidade de água aplicada e área foliar ( $A_f$ ), produtividade da matéria seca de folhas ( $MS_f$ ) e de caule ( $MS_c$ ) e teor de cálcio ( $Ca$ ) das plantas, conforme as equações  $A_f=8,866x-14,476$ ;  $MS_f=0,0528x+0,5825$  ;  $MS_c=0,0442x+1,1346$  ; e  $Ca=0,0122x+0,5125$ , com  $r^2=0,91$ ;  $r^2=0,73$  ;  $r^2=0,65$  e  $r^2=0,79$ , respectivamente. Entretanto, relação inversa foi observada com os teores de proteína bruta ( $PB=0,0015x^2-0,2623x+26,382$  e  $r^2=0,79$ ) e fósforo ( $P=-0,0008x+0,1425$  e  $r^2=0,59$ ), enquanto as porcentagens de fibra em detergente ácido ( $FDA=-0,0009x^2+0,1781x+27,83$  e  $r^2=0,53$ ) e de fibra em detergente neutro ( $FDN=-0,002x^2+0,2959x+45,852$  e  $r^2=0,56$ ) foram pouco influenciadas pelo teor de água do solo. O crescimento das raízes estabilizou-se a partir de 75% da umidade à capacidade de campo ( $MS_r = -0,001x^2+0,1729x-2,0427$ ,  $r^2=0,86$ ). O estilosantes Campo Grande responde ao acréscimo de umidade do solo aumentando a área foliar, a produtividade de matéria seca de folhas e de

caules e o teor de cálcio das plantas, com pequena alteração nos conteúdos de FDN e FDA, enquanto decrescem os teores de PB e de fósforo.

**Palavras-chave:** cálcio, déficit hídrico, estilosantes Campo Grande, FDA, FDN, fósforo, proteína bruta.

DRY MATTER YIELD, STRUCTURE AND CHEMICAL COMPOSITION  
BROMATOLOGICAL OF "CAMPO GRANDE" STYLO FIELD UNDER  
DIFFERENT LEVELS OF WATER IN THE SOIL

Author: Francisco das Chagas Monteiro

Adviser: pHD Maria do Perpétuo Socorro Cortez

Bona do Nascimento

**ABSTRACT**

In arid and semi-arid regions, the water deficit imposes strong constraints to growth, development and productivity of plants. The knowledge of the plant behavior, facing the limiting factors is necessary for choosing the species to be cultivated and to establish the management practices. In this sense, the objective of this study was to evaluate the effect of water availability upon the structural and chemical-bromatological characteristics of Campo Grande stylo (*Stylosanthes capitata* + *Stylosanthes macrtocephala* cv. Campo Grande), in a Yellow Latosol, from the Semi-Arid Region of the Piauí State, Brazil. The experiment was carried out in a greenhouse at Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, using the completely randomized experimental design, with four levels of water availability (100, 75, 50 and 25% moisture at field capacity) and four replications. Each experimental unit was composed by a pot with 4.0 kg of soil and two plants. The irrigation started when the plants were 84 days old and continued for 31 days. There was a direct relationship between the amount of water applied and the leaf area (LA), leaf (LDM) and stem (SDM) dry matter production and calcium content (Ca), according to the equations  $LA=8,866x-14,476$ ;  $LDM=0,0528x+0,5825$ ;  $SDM=0,0442x+1,1346$  and  $Ca=0,0122x+0,5125$ , with  $r^2=0,91$ ;  $r^2=0,73$ ;  $r^2=0,65$  e  $r^2=0,79$ , respectively. However, an inverse relationship was observed with the crude protein (CP  $=0,0015x^2-0,2623x+26,382$ ,  $r^2=0,79$ ) and phosphorus (P  $=-0,0008x+0,1425$ ,  $r^2=0,59$ ) percentages. Only a slight effect was observed upon the acid detergent fiber (ADF  $=0,0009x^2+0,1781x+27,83$ ,  $r^2=0,53$ ) and neutral detergent fiber (NDF  $=-0,002x^2+0,2959x+45,852$ ,  $r^2=0,56$ ) contents. The growth of the roots stabilized at 75% moisture at field capacity (GR  $=-0,001x^2+0,1729x-2,0427$ ,  $r^2=0,86$ ). The Campo Grande stylo answers to increased soil water by increasing its leaf area, leaf and stems productivity and calcium content, with slight effect upon the NDF and ADF, while decrease in the CP and P contents.

**Key words:** calcium, crude protein, Campo Grande stylo, NDA, NDF, phosphorus, protein, water deficit.



## 1. INTRODUÇÃO

O uso de leguminosas em pastagens nos trópicos ainda é insipiente, sendo necessário a realização de estudos que estimulem o seu uso. Dentre as áreas prioritárias de pesquisa, visando a persistência de leguminosas forrageiras, está o enfoque à seleção e avaliação de plantas mais tolerantes a estresse hídrico (PAULINO et al., 2006).

Espécies do gênero *Stylosanthes* estão entre as mais importantes leguminosas forrageiras para utilização, sob pastejo, em áreas de solos ácidos e de baixa fertilidade natural, como as áreas tropicais áridas e semi-áridas (GUODAO et al., 1997). O Brasil, de acordo com Miles & Lascano (1997) é o principal centro de origem e diversidade desse gênero, onde foram registradas 25 das 45 espécies descritas.

Uma das causas que têm limitado o uso de *Stylosanthes* como forrageira é a suscetibilidade da maioria das espécies deste gênero à antracnose (LENNE & CALDERON, 1984). Porém, a espécie *Stylosanthes capitata* foi identificada por Botrel et al. (1985) como promissora, devido, principalmente, à sua resistência a esta doença e produção significativa de sementes. Thomas et al. (1987) vão mais longe e afirmam que *S. capitata* apresenta-se com bom potencial de utilização em consórcio com gramíneas forrageiras, notadamente em área de cerrado, em virtude de adaptar-se bem a solos ácidos e pobres, resistir ao pastejo, produzir significativa quantidade de matéria seca e de sementes e ser palatável. Grof et al. (2001) e Fernandes et al. (1993), além de frisarem a adaptação de *S. capitata* a solos de baixa fertilidade, alta acidez e alta saturação de alumínio, destacaram ainda a sua boa capacidade de rebrota, de ressemeadura natural e alto valor nutritivo. A Embrapa Gado de Corte lançou, em 2000, a forrageira estilósantes Campo Grande, que é resultante de mistura física de sementes de *Stylosanthes capitata* (80%) e *Stylosanthes macrocephala* (20%), para fins de consorciação com gramíneas.

O estresse, resultante do déficit hídrico, que ocorre durante o ciclo de uma cultura, dependendo da sua intensidade, promove maiores ou menores

alterações no seu desenvolvimento. Este fato pode levar a planta a desenvolver mecanismos de adaptação à seca, que poderão ser de natureza morfológica, fisiológica e anatômica (LARCHER, 2004). Muito comuns são os mecanismos de adaptação que previnem a perda de água para o ambiente, mantendo a hidratação das plantas e proporcionando o uso da limitada quantidade de água do solo por períodos mais longos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O déficit hídrico pode afetar vários processos morfológicos e fisiológicos da planta, como a redução das trocas gasosas na folha, modificando a síntese e a partição de fotoassimilados e causando a paralisação do crescimento, com conseqüente perda de produtividade e ocorrência de prejuízos econômicos. Considerando-se a crescente preocupação com o uso racional da água - sobretudo nas regiões onde este recurso natural é limitante - e a necessidade de incrementar a produção de forragem na região, devem ser realizados estudos que permitam a identificação de espécies forrageiras que apresentem potencial produtivo em condições de baixa disponibilidade hídrica.

O objetivo do presente trabalho é avaliar, em estílosantes campo-grande, algumas características que afetam o seu potencial forrageiro, sob diferentes níveis de disponibilidade de água no solo.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Origem da cultivar e descrição das plantas**

O estílosantes Campo Grande é uma cultivar lançada pela Embrapa Gado de Corte, em 2000. A forrageira foi criada a partir de plantas de *Stylosanthes capitata* e *Stylosanthes macrocephala* remanescentes de um experimento, sobrevivendo sob alta pressão de pastejo e baixos níveis de fertilidade natural do solo. Foi constatado ainda, alto grau de resistência à antracnose nas plantas, cuja composição das sementes coletadas foi de 80% de *S. capitata* e 20% de *S. macrocephala*. Foi então iniciado um trabalho de

melhoramento genético de *S. capitata* e *S. macrocephala*, que se desenvolveu por varias gerações, visando a obtenção de plantas mais produtivas e com alto grau de resistência a doenças, notadamente à antracnose. Nos materiais selecionados, foram, também, verificadas boa produtividade, uniformidade de florescimento e de maturação de sementes. A partir da mistura das sementes desses materiais, obedecendo-se a proporção original de 80% e 20%, foi desenvolvida a cultivar Campo Grande (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2000). O *Stylosanthes capitata* tem caule ereto, ramificado, porte variando de decumbente a semi-prostrado (THOMAS et al.,1987), com altura podendo alcançar até um metro (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2000), com flores cuja cor varia do bege ao amarelo. O *Stylosanthes macrocephala* é planta subarborescente, ramosa, de hábito de crescimento prostrado a semi-ereto (FERREIRA & COSTA, 1977), podendo alcançar até um metro de altura. As folhas, diferentemente das de *S. capitata*, são mais estreitas e mais pontiagudas. As flores, na sua maioria, são amarelas, podendo, em alguns exemplares, encontrar-se a tonalidade bege (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2000).

## 2.2 Características agronômicas

Os rendimentos médios anuais de matéria seca e de sementes de estilosantes Campo Grande podem variar de 7,4 a 12,5 t/ha e 180 a 440 kg/ha, respectivamente, conforme Embrapa Gado de Corte (2000). Pode crescer e produzir sementes e forragem em solos em que a saturação por bases esteja entre 30% e 35%, na camada de 0 – 20 cm de profundidade e saturação por alumínio de até 35% (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2000).

O *Stylosanthes capitata*, segundo Costa & Oliveira (1977), apresentou teores de proteína variando de 16,2% a 20,5% e de fósforo de 0,14% a 0,24%. Esses autores registraram elevada produtividade e habilidade em extrair e utilizar eficazmente o fósforo do solo. Nascimento et al. (1999), em trabalho realizado em Teresina-PI, nas condições de campo, encontraram valores de

proteína variando de 15,5% a 16,5% e de fósforo e cálcio de 0,09% a 0,11% e 0,32% a 0,42%, na matéria seca das plantas, respectivamente.

Teores mais elevados de proteína bruta, variando de 18% a 22%, foram constatados por Fernandes et al.(2000) na porção de maior valor forrageiro, ou seja, no terço final das plantas (talo + folhas).

O *Stylosanthes macrocephala*, em avaliação feita por Fernandes et al.(2000) em Chapadão do sul, MS, em solo de areia quartzosa, alcançou produtividades anuais variando de 10,1 a 12,1 t/ha e 214,5 a 328,2 kg/ha, de matéria seca e de sementes, respectivamente. Nascimento et al.(1999), em solo de baixa fertilidade natural, em Teresina, PI, encontraram teores de proteína bruta variando de 13,88% a 15,67%.

O estilosantes Campo Grande tem boa capacidade de absorver o nitrogênio do ar, pela associação com bactérias do gênero *Rizobium* em suas raízes. Conforme Miranda et al.(1999), a fixação biológica situa-se em torno de 180 kg de N/ha/ano. De acordo com a Embrapa Gado de Corte (2000), em trabalho realizado no estado de Mato Grosso, 88% do nitrogênio dos tecidos da cultivar foram obtidos da fixação atmosférica, o que representou 180 kg N/ha, de uma produção de 7400 kg/ha de matéria seca.

A cultivar tem apresentado elevado grau de resistência à antracnose, enfermidade causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, doença que, em alto grau de infestação, provoca desfolha severa de plantas suscetíveis, levando-as à morte e que tem sido citada como limitante ao uso de estilosantes em pastagens. Outras doenças como mancha foliar e envassouramento e a presença de insetos podem ocorrer, causando, porém, apenas danos leves às plantas (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2000).

### **2.3 A produtividade das plantas e o déficit hídrico**

O estresse pode ser entendido como um conjunto de reações de um organismo a agressões sofridas, capaz de interferir no seu equilíbrio. É,

também, na maior parte das definições, um desvio significativo das condições ótimas para a vida, o que desencadeia mudanças e respostas as mais variadas no organismo (LEÃO, 2006).

As plantas cultivadas estão em constante exposição a estresses abióticos ou bióticos e às interações, que causam modificações no crescimento, metabolismo e rendimento agrícola. Lawlor (2002) destaca que os principais fatores abióticos limitantes da produtividade das culturas são: seca, salinidade, baixas e altas temperaturas, enchentes, poluentes e excesso de radiação. Para Reddy et al.(2004), seca é o principal entrave da produtividade agrícola mundial.

Adaptações morfológicas, fisiológicas e até anatômicas são mecanismos que as plantas podem desenvolver quando estão sob deficiência hídrica (LARCHER, 2004). Segundo o autor, a deficiência hídrica reduz a turgescência celular e, com a progressiva desidratação do protoplasma, aumenta a concentração do conteúdo celular. Em geral, todos os processos vitais são afetados pelo decréscimo do potencial hídrico, comprometendo o crescimento da planta, uma vez que a primeira resposta ao déficit hídrico é a diminuição do turgor e, conseqüentemente, redução do crescimento (LARCHER, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2004). Para Petry (1991), a água é importante na manutenção da turgescência celular e por permitir a continuidade dos processos de crescimento vegetal, expansão, divisão celular e fotossíntese. Mueller & Orloff (1994) afirmam que, em geral, déficit hídrico retarda o desenvolvimento da planta pela diminuição da fotossíntese, limita o crescimento pela redução da umidade do solo e promove maturidade precoce na planta. Segundo os autores, com déficit hídrico moderado, o crescimento do caule é mais afetado que a área foliar, proporcionando uma melhor relação folha/caule. Este fato faz com que a planta apresente maior teor de proteína e menor quantidade de fibras. Entretanto, se o déficit hídrico for severo, ocasiona redução de folhas, de caules e na qualidade da forragem.

Estudos que mostram a relação água-planta são realizados há bastante tempo, com o objetivo de se entender melhor os mecanismos de

absorção e transporte de água pelas plantas. É sabido que a disponibilidade hídrica é um dos fatores que mais afetam as folhas, as raízes, a condutância estomática, a fotossíntese e a acumulação de matéria seca. As espécies vegetais adaptadas à seca, exibem mecanismos que previnem a perda de água para o ambiente e mantêm sua hidratação, permitindo o uso do suprimento de água limitado do solo por mais tempo (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Não existem, na literatura, trabalhos que mostrem o comportamento do estilosantes Campo Grande quando submetido a restrições hídricas no solo. Entretanto, com outras forrageiras, vários estudos já foram realizados. Santos et al.(2001) afirmam que o estresse hídrico interfere no metabolismo da planta, fazendo com que a mesma aumente o conteúdo de MS, fibra e proteína, assim como o percentual de lignina. Os autores constataram que, em capim elefante, o déficit hídrico ocasionado pelo período de estiagem, reduziu o perfilhamento basal e aéreo e diminuiu a relação folha/colmo. Barreto et al. (2001) observaram, em gramíneas forrageiras sob estresse hídrico, diminuição de internódios e da lâmina foliar.

Segundo Correia & Nogueira (2004), a imposição do estresse hídrico, reduz a alocação de biomassa das folhas e dos caules e aumenta a das raízes, reforçando a afirmação de Mc Michael & Quisenberry (1993) de que o déficit hídrico altera a partição de assimilados entre as raízes e a parte aérea, diminuindo a acumulação de biomassa da parte aérea da planta. Sob condição de baixa disponibilidade de água no solo, as plantas investem mais biomassa no sistema radicular, conseguindo, assim, aumentar a capacidade de absorção de nutrientes. Barbosa & Barbosa (1996) revelam que, de maneira geral, o maior crescimento da raiz em relação a parte aérea é um caráter adaptativo, comum às plantas submetidas a estresse hídrico.

A redução da produção da parte aérea das plantas submetidas ao déficit hídrico tem sido constatada por vários autores (PINTO, 2006; CORREIRA & NOGUEIRA, 2004; PIMENTEL & PEREZ, 2000), até mesmo em espécies menos exigentes por disponibilidade hídrica, como o feijão-de-corda ou feijão-caupi (ROCHA, 2001). De fato, em espécies características da

caatinga, o déficit hídrico reduziu, dentre outras variáveis, a produção de matéria seca, a relação raiz/parte aérea e a alocação de biomassa (BARBOSA et al., 2000), como também o número de folhas e a área foliar (SANTIAGO, 2000).

A área foliar é um importante fator da produção das plantas, notadamente nas forrageiras, e pode ser severamente inibida quando a planta é exposta ao déficit hídrico. Segundo Fernández et al.(1996), a área foliar determina o uso da água pelas plantas e a sua produção é severamente inibida sob condição de déficit hídrico. Para Silva (2002), a redução da área foliar pode ser decorrente da redução no tamanho das folhas individualmente como também da sua produção, no que concordam com Taiz & Zeiger (1991), que afirmaram que 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. Conforme Mc Michael & Quisemberry (1993), o déficit hídrico afeta a área foliar pelo efeito na taxa de expansão das folhas, seu número total e senescência.

É claro que o efeito do estresse hídrico também depende da sua intensidade e duração. Buxton (1995) afirmou que estresses fracos a moderados, aplicados por longos períodos, causam atraso na maturidade e reduzem a altura das plantas, aumentando a relação folha: colmo.

#### **2.4 Retenção de água no solo**

O desempenho das plantas está intimamente relacionado aos atributos físicos do solo, notadamente àqueles que afetam a relação solo-água. Nesse aspecto destacam-se a estrutura, a textura, o teor de matéria orgânica e a densidade de partículas do solo, como responsáveis pela retenção e disponibilização de água no solo.

A textura e a matéria orgânica interferem diretamente na capacidade de retenção de água pelo solo, uma vez que estas propriedades se

correlacionam com a retenção/disponibilidade de água, ao lado da estrutura do solo (CENTURION & ANDREOLI, 2000; MELO, 2002). Segundo Silva (2003), a matéria orgânica exerce grande influência na estabilidade do solo, notadamente nos arenosos, por promover a aglutinação das partículas, tornar mais firme a estrutura do mesmo, diminuir o tamanho dos poros com o conseqüente aumento da retenção de água.

Santos & Carlesso (1999) afirmam que o fluxo de água do solo para a planta e, por conseqüência, sua atividade de assimilação e produção, é dependente da disponibilidade hídrica e da eficiência das raízes em retirar água do solo.

Segundo Bernardo et al. (2006), a capacidade de retenção de água na zona radicular de uma determinada cultura depende, basicamente, da textura e da estrutura do solo, da profundidade efetiva das raízes e da profundidade da camada de solo. Para Ferreira et al.(1999), a retenção de água é característica específica de cada solo, sendo resultado da ação conjunta e complexa de vários fatores , como o teor e mineralogia da fração argila. Reichardt (1996) afirma que, de maneira geral, os solos de textura mais fina, com elevadas proporções de silte e argila, possuem capacidade maior de armazenamento de água.

Em estudos sobre retenção e disponibilidade de água, Soares Neto & Rezende (2000), encontraram, em solos coesos dos tabuleiros costeiros no Estado da Bahia, na profundidade de 0 a 60 cm, os maiores teores de argila e água disponível. Portela (2001), trabalhando com retenção de água em Latossolo coeso de tabuleiros costeiros de Cruz das Almas, BA, encontrou resultado semelhante. Este fato foi confirmado por Centurion et al. (1997) e Arruda et al. (1987) ao estudarem diferentes métodos para determinação de curva de retenção de água em solos do estado de São Paulo.

Ao estudar diferentes sistemas de manejo de solo, Angelotti Neto (2007) observou que as quantidades das frações mais finas do solo (argila + silte) exercem grande influência sobre a retenção de água, pois, conforme



aumentavam as quantidades dessas frações, a retenção também sofria incremento.

Jakelaitis et al.(2008), ao quantificarem características físicas, químicas e biológicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo com vegetação natural e cultivada com pastagem e culturas, verificaram, na profundidade de 60 cm em relação à profundidade de 30 cm, aumento de 27% na retenção de água devido ao acréscimo no teor de argila de 6,7% para 9,2%. Os autores constataram que o ambiente com maior teor de argila e de matéria orgânica apresentou maior valor de retenção de água.

Fontana et al. (2004), constataram, em solos de tabuleiros no estado do Rio de Janeiro, que a matéria orgânica teve influência direta na água disponível no Argissolo Amarelo estudado. Toma (2008), em trabalho com tremoço, verificou aumento na retenção de água no solo com o aumento do teor de matéria orgânica no solo. Segundo o autor, esta maior retenção de água favoreceu, juntamente com a melhoria da fertilização química, o crescimento das culturas no período seco, garantindo, assim, uma maior produção de matéria seca da cultura implantada.

## **2.5 Composição químico-bromatológica**

### **2.5.1 Proteína bruta**

A proteína é de capital importância para os animais e a sua deficiência afeta negativamente o desempenho animal, com resposta mais visível no ganho de peso, pois a mesma tem elevada participação na formação dos tecidos musculares. No caso dos ruminantes, o teor de proteína bruta na dieta deve ser superior a 7%, percentual mínimo necessário para que as bactérias celulolíticas do rúmen tenham bom desenvolvimento (VAN SOEST, 1994). Nas plantas forrageiras, o teor de proteína bruta depende da espécie, de parte e da idade da planta; da fertilidade do solo e da estação do ano, dentre outros

fatores. As leguminosas fixadoras de nitrogênio têm efeito direto em aumentar o teor protéico da forragem, e também efeito indireto, por manterem ou melhorarem a fertilidade do solo, fornecendo nitrogênio à pastagem e melhorando, portanto, a sua qualidade.

Na literatura existem poucos trabalhos que mostram o valor nutritivo de leguminosas forrageiras submetidas a restrições hídricas, existindo, porém, uma quantidade razoável desses estudos com gramíneas. Contudo, conforme Buxton (1995), o déficit hídrico tem maior efeito sobre a produtividade das forrageiras que sobre a sua qualidade. Este autor afirmou que, em alfafa, a deficiência hídrica aumentou a percentagem de proteína bruta dos caules, reduzindo-a, porém, nas folhas. Discutiu ainda que os efeitos da deficiência hídrica sobre o teor de proteína das forrageiras são inconsistentes, fato atribuído ao grau em que a déficit de água causa a senescência das folhas e alterações na relação caule: folha, como também à distribuição do nitrogênio no perfil do solo, isto é, se o nitrogênio e água estão distribuídos na mesma camada de solo, ou não. Sousa et al.(1998), em oito genótipos de leucena (*Leucaena leucocephala*), verificaram que a proteína bruta na estação chuvosa variou de 25,72% a 29,52% e, na seca, de 20,01% a 21,74%. Entretanto, Leão (2006) encontrou, em gliricídia (*Gliricídia sepium* (Jacq.) Steud), 22,05% de proteína bruta em regime com estresse hídrico e 18,13% sem estresse. Costa et al.(2003), trabalhando com alfafa (*Medicago sativa* L cv. Crioula), não constataram diferença significativa do teor protéico entre os tratamentos de 0, 50, 75 e 100% da umidade à capacidade de campo. Com gramíneas, também não foram verificados efeitos do uso de irrigação sobre conteúdo de proteína de capim-mombaça, capim-tifton 85 e capim-elefante, conforme resultados de Ruggiere et al. (2003), Marcelino et al. (2003), Lopes et al. (2005) e Vitor et al. (2009).

### **2.5.2 Fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido**

A influência da disponibilidade hídrica sobre os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) parece não ter sido

ainda elucidada. É o que mostram os divergentes resultados encontrados na literatura. Marcelino et al. (2002), ao estudarem a influência de quatro tensões hídricas no solo (0,035, 0,060, 0,100 e 0,500 MPa), sobre a composição química do capim-marandu, não encontraram efeito sobre o teor de FDN da forrageira. Usando as mesmas tensões, Marcelino et al. (2003), também não encontraram efeito da disponibilidade de água no solo sobre o teor de FDN em Tifton-85. Soria (2002), avaliando o efeito de cinco lâminas de irrigação (0, 30, 70, 100 e 150% da capacidade de campo) na composição bromatológica do capim-Tanzânia, não observou alteração no teor de FDN da forrageira.

Entretanto, em milheto, Melo et al.(2007) observaram maiores percentuais de FDN e FDA a 100%CC e menores a 25% CC, concordando com Halim et al. (1989) que relataram que plantas submetidas a estresse hídrico apresentam menor teor de parede celular e, conseqüentemente, redução de FDN e FDA.

Reduções nos teores de FDA, em função do déficit hídrico, foram também encontrados por Barreto et al. (2001), em capim-elefante e por Costa et al. (2003), em alfafa. Sasani et al. (2004), ao analisaram o efeito do estresse hídrico na qualidade de forragem de milheto, verificaram decréscimo de FDA no caule, com o aumento do estresse hídrico. Buxton (1995) com dados de outros autores, mostra que em quatro leguminosas e quatro gramíneas, os teores de FDN decresceram sob estresse hídrico, tanto nas folhas e caules como na planta inteira.

Porém, não se pode esquecer que os resultados dependem da planta e da intensidade e duração do estresse, influenciando o crescimento e espessamento do caule, a ocorrência da maturidade e queda de folhas.

A proporção de FDN está relacionada com o consumo máximo de matéria seca (MERTENS, 1992), sendo que plantas com maiores teores de FDN têm menor potencial de consumo. Teores de FDN muito elevados, geralmente superiores a 50%, limitam a ingestão de alimentos e, por conseguinte, o consumo de energia. Segundo Van Soest (1994), o teor de FDN é o fator mais limitante do consumo de volumosos, sendo que percentuais

superiores a 55% na matéria seca, correlacionam-se negativamente com o consumo de forragem. Para Nussio et al. (1998), forrageiras com valores de FDA próximos ou superiores a 40%, apresentam um baixo consumo e reduzida digestibilidade.

### **2.5.3 Cálcio e Fósforo**

Os minerais são essenciais ao desenvolvimento das plantas. Do perfeito balanceamento entre os minerais resultará boa produção com qualidade.

A absorção, translocação, acúmulo e utilização de nutrientes minerais pelas plantas sofrem interferência de fatores ambientais e do genótipo. Dentre os fatores ambientais, a disponibilidade de água é de capital importância, haja vista ser o veículo condutor dos elementos minerais até a interface solo-raiz e no xilema, além de interferir na fisiologia da planta, na dinâmica de absorção e utilização dos nutrientes (FERREIRA et al., 2008).

Quando a disponibilidade de água no solo é baixa, a mobilidade dos íons torna-se menor, porque o ar substitui a água nos espaços porosos do solo, aumentando a força de retenção iônica pelos colóides do solo (CHAPIN, 1991). De acordo com o autor, os efeitos sobre a mobilidade dos nutrientes são importantes mesmo em situações em que o conteúdo tem pouco efeito sobre as relações hídricas, resultando em redução na absorção dos mesmos.

Segundo Marschner (1995), é comum ocorrer redução nos teores de cálcio em tecidos vegetais em resposta à limitação de disponibilidade hídrica, porque a quantidade desse elemento em um determinado órgão da planta, depende da corrente transpiratória, visto ser o seu transporte essencialmente xilemático.

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

vez, a umidade do solo interfere diretamente no desenvolvimento radicular, influenciando direta e indiretamente, no fornecimento de fósforo para as plantas (MACKAY & BARBER, 1985).

A expansão foliar é fortemente relacionada à expansão das células epidérmicas (MARSCHNER, 2002) e à concentração interna de fósforo no tecido (LOPEZ-BUCIO et al, 2002). Em dicotiledôneas, a expansão foliar é reduzida pela deficiência hídrica e pela pouca disponibilidade de fósforo associada à redução da condutividade hidráulica do sistema radicular (MARSCHNER, 2002).

Para Hernández et al. (2005), o suprimento adequado de água no solo favorece a absorção do fósforo e do cálcio pelas plantas, em função de promover a solubilização desses nutrientes como também a sua difusão até a raiz das plantas. Além disso, sob condição de estresse hídrico, a transpiração, que provoca o fluxo contínuo de água do solo à superfície externa das folhas, carreando os nutrientes, é reduzida ou anulada, decrescendo ou zerando a absorção dos nutrientes. Dias Filho et al. (1992) constataram que em *Panicum maximum* cv. Tobiatã, em cortes a cada 28 dias, a quantidade de fósforo nas folhas caiu de 84 mg, nas plantas crescendo sob capacidade de campo, a 52 mg nas plantas a 29% da capacidade de campo. No entanto, em termos percentuais, não houve diferença entre tratamentos, com o teor de fósforo de 0,11%. Esses dados concordam com a afirmação de Buxton (1995) de que o primeiro efeito do déficit hídrico é a redução da produtividade, enquanto a qualidade da forragem é pouco afetada.

A quantificação do valor nutritivo das forrageiras é de grande importância por permitir conhecer-se o valor nutricional de forragens e possibilitar o adequado balanceamento de dietas à base de volumosos (QUEIROZ et al. 2000). Os teores de minerais e sua disponibilidade nas plantas forrageiras são variáveis em função da disponibilidade do nutriente no solo, de adubações, das espécies, da idade das plantas e da estação do ano (Van Soest, 1994).

Na planta, os minerais desempenham funções vitais ou são constituintes de compostos essenciais ao seu desenvolvimento. O fósforo é constituinte de diversos compostos na planta além de contribuir no crescimento das raízes, melhorando a produção da massa verde e, por conseqüência, a qualidade da forragem (OLIVEIRA et al., 2001). Para Malavolta et al. (1996), os teores totais de fósforo considerados adequados para as leguminosas variam de 0,4% a 1,5% nas folhas.

Para os animais, a necessidade de fósforo é variável, dependendo da função, nível de produção, idade, sexo, podendo situar-se entre 0,28% a 0,40% (NRC, 2000). Sua deficiência resulta em diminuição de ganho de peso, da resistência orgânica, em fragilidade óssea e, nas fêmeas, ausência de cio, baixa fertilidade e redução na produção de leite (TRINDADE & CAVALHEIRO, 1992).

O cálcio contribui para a absorção de outros nutrientes pela planta e exerce influência no crescimento radicular (CAIRES et al. 2001). Faz parte dos tecidos de sustentação e meristemático como parede celular e ápice de plantas e raízes, daí sua importância para o desenvolvimento geral da planta. Nos animais, participa de vários processos fisiológicos tendo notória importância na formação de ossos e dentes, na gestação e lactação. Desempenha funções na contração muscular e transmissão de impulsos nervosos (CHAMPE, 1996).

A necessidade de cálcio nos animais é variável, dependendo da função, nível de produção, idade, sexo, podendo variar de 0,30% a 0,60% (NRC, 2000).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em telado de nylon 50%, no período de julho a novembro de 2008, no campo da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, 05° 05' S; 42° 48' W; 74,4 m (BASTOS et al., 2002). A região apresenta clima Aw', tropical chuvoso, segundo classificação

de Koppen, com temperatura média de 28 – 30°C, umidade relativa do ar de 65 - 70% e pluviosidade média anual de 1200 – 1400 mm (ATLAS CLIMATOLÓGICO DO PIAUI, 2004).

As médias de temperatura do ar, umidade relativa do ar e luminosidade, ocorridas no período experimental, na casa de vegetação, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios de temperatura do ar, luminosidade e umidade relativa do ar, na casa de vegetação, no período de irrigação do experimento, Teresina-PI, 2008.

Dia	Mês	Temperatura (°C)	Luminosidade (Lux)	Umidade relativa (%)
06	10	38,9	1315,0	35,0
08	10	34,4	1050,0	34,7
10	10	33,6	1510,0	40,2
12	10	33,4	1922,0	34,2
14	10	37,1	818,0	34,5
16	10	31,7	653,0	40,0
18	10	37,1	2242,0	42,2
20	10	36,4	364,0	37,0
22	10	35,5	426,0	33,5
24	10	36,4	521,0	33,2
26	10	40,9	1117,0	33,7
28	10	37,0	346,0	41,7
30	10	34,9	1182,0	44,0
01	11	32,2	2080,0	44,5
03	11	31,0	161,0	71,0
05	11	39,3	322,0	48,5

No ensaio foi usado um Latossolo Amarelo, proveniente do semi-árido piauiense, do município de São João do Piauí (Figura 1), coletado no horizonte superficial (0 – 20 cm).

Após a coleta, o solo foi seco ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneira de malha grossa (4,0 mm). Em seguida, foram retiradas amostras e enviadas ao laboratório para análises química e física. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos da Embrapa Meio-Norte, conforme Embrapa (1997) e os resultados estão nas Tabelas 2 e 3, indicando solo com pH ácido, baixa fertilidade natural e textura franco arenosa.

Foram utilizados 16 vasos de polietileno, com capacidade para 4,5 L, apresentado furos de 1,0 cm de diâmetro na face inferior, preenchidos, cada um, com 4,0 kg de solo extraído da camada de 0 a 20 cm, cuja análise granulométrica e classificação textural encontram-se na tabela 3. Não foi feita adubação. Os vasos foram distribuídos sobre uma bancada de madeira onde permaneceram durante toda a fase experimental. Cada vaso, contendo 4,0 kg de solo e duas plantas foi considerado como sendo uma unidade experimental.



Figura 1 - Localização geográfica do município de São João do Piauí, PI



Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos, que consistiram em quatro diferentes regimes de irrigação, correspondendo à aplicação de água para atingir no máximo 25%, 50%, 75% e 100% da umidade à capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) foram iniciados em 06/10/2008, oitenta e quatro dias após plantio, período considerado como sendo a fase de estabelecimento da cultura. As plantas foram irrigadas manual e diariamente, sempre no mesmo horário (15 h). O monitoramento do teor de água foi feito pelo método gravimétrico, pesando-se os vasos e completando a água perdida pela evapotranspiração. O valor da capacidade de campo foi de 19,437%, arredondando-se para 20%, por facilitar os cálculos da quantidade de água a ser colocada. Assim, os tratamentos de 100%, 75%, 50% e 25% da umidade à capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ) recebiam uma lâmina de água para atingir 4,8 kg, 4,6 kg, 4,4 kg e 4,2 kg, respectivamente. O monitoramento da temperatura do ar, umidade relativa do ar e luminosidade foram feitos, diariamente com um termo-higrômetro digital, modelo HT-208, com precisão de 0,5 % para a temperatura e 2,0% para a umidade e com luxímetro digital, modelo MLM-1010, precisão de 4,0%, respectivamente. O corte das plantas foi realizado no nível do solo, no dia 05/11/2008, quando as plantas tinham cento e quatorze dias de idade e 31 dias sob os tratamentos. As seguintes variáveis foram avaliadas: matéria seca de folhas, de caule, de raiz, área foliar, teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA) e porcentuais de cálcio e fósforo.

Após o corte, as plantas inicialmente foram separadas em raiz e parte aérea. As raízes foram colocadas sobre uma peneira com malha de 2,0 mm onde receberam jatos de água de torneira a fim de lavá-las e separá-las do solo e a parte aérea foi manualmente separada em caules e folhas, sendo essas levadas a um medidor de área foliar, modelo LI-3100. Posteriormente, essas frações foram levadas para secagem em estufa à temperatura de 65°C por 72 horas, após o que foram pesadas, para cálculo da produtividade com base no peso seco. Depois da pesagem, folhas e caules de uma mesma

unidade experimental foram reunidos para a realização das análises laboratoriais.

As determinações de FDN e FDA foram feitas de acordo com metodologia de Van Soest (1967), a partir de amostras do material da parte aérea, seco em estufa a 105°C e macerado em moinho estacionário do tipo “Willey”, com peneira de 1 mm. A PB foi analisada pelo método micro-kjeldal. As análises de FDN e FDA foram realizadas no laboratório do Departamento de Zootécnica da Universidade Federal do Piauí e as de PB, cálcio e fósforo, no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Meio-Norte.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, utilizando-se o procedimento GLM do SAS (SAS, 2000) e os valores médios das lâminas de água foram estudados mediante uso da análise de regressão, selecionando-se o modelo que melhor representasse o ajuste das curvas.

Tabela 2. Características do solo utilizado no experimento.

MO	pH em H <sub>2</sub> O	P	K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	S	CTC	V	m
g/kg		mg/dm <sup>3</sup>			cmol/dm <sup>3</sup>				%			
6,80	4,66	5,00	0,10	0,33	0,11	0,01	0,51	2,95	0,55	3,50	15,70	48,11

Tabela 3. Características do solo utilizado no experimento.

Granulometria (%)				CE	Classificação textural
Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila	mmhos/ mm/25°C	
42,55	34,35	6,50	16,60	0,11	Franco Arenoso

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Matéria seca de folhas

A matéria seca de folhas (MSf) cresceu linearmente com a quantidade de água aplicada, conforme a equação  $MSf=0,0528x+0,5825$ , com o coeficiente de determinação  $R^2=0,73$  (Figura 2). O aumento da matéria seca de folhas (MSf), acompanhando a quantidade de água disponibilizada à planta, confirma a importância da água como o componente majoritário da célula e essencial ao crescimento dos vegetais. Conforme Buxton (1995), o déficit hídrico é o principal fator físico que afeta a produtividade das plantas.

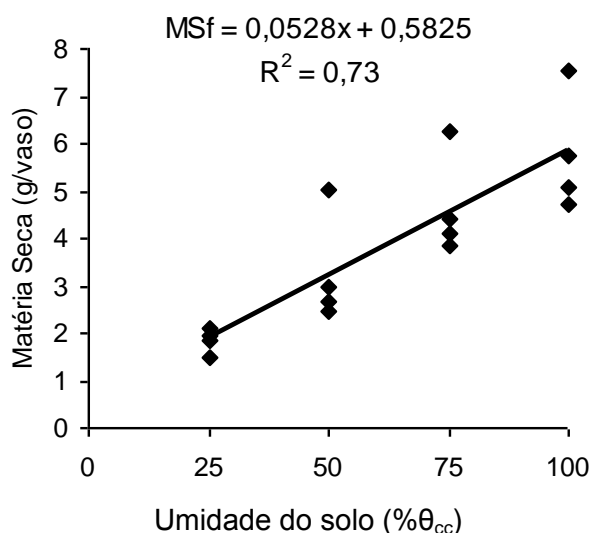


Figura 2 – Matéria seca de folha (MSf) (g/vaso) de estilosantes Campo Grande em função dos níveis de umidade do solo.

Aumento da matéria seca de folhas (MSf) com a maior umidade do solo foi observado em vários trabalhos de pesquisa. Paiva (2007) constatou em *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdict. cv. Java, leguminosa herbácea, crescimento linear de matéria seca de folhas no intervalo de 35% a 60% de disponibilidade hídrica no solo; Correia & Nogueira (2004), em amendoim

(*Arachis hipogea* L. cv. 55437), submetido à suspensão total de rega, constataram redução de 71% da massa de folhas em relação ao controle (com irrigação); Figuerôa et al.(2004) em trabalho com *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), planta que cresce naturalmente na região semi-árida, verificaram maiores produções de massa foliar a 75% capacidade de campo e menores com o aumento do déficit hídrico. Entretanto, em outra planta do semi-árido, *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth (sabiá), somente após 50 dias de severa restrição hídrica, a produção de massa seca foliar diminuiu.

O comportamento linear observado na figura 2 indica que a capacidade máxima de produção de matéria seca de folhas (MSf) não foi atingida, nem mesmo no tratamento com 100% da umidade à capacidade de campo. Embora o estilosantes Campo Grande seja considerado tolerante à seca, o resultado encontrado para a variável mostra que a cultivar foi responsiva à irrigação.

#### 4.2 Matéria seca de caule

A matéria seca de caule (MSc) apresentou crescimento de forma linear com o aumento do teor de água do solo, expresso pela equação  $MSc=0,0442x+1,1346$  com  $R^2=0,65$  (Figura 3), seguindo de perto, em formato e valores, a equação relativa à matéria seca de folhas.

Diminuição de massa seca de caule, em função do déficit hídrico, foi encontrada por Paiva (2007) em *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdt. cv. Java, em que a massa seca de caule reduziu-se gradativamente quando a disponibilidade hídrica do solo passou de 60% para 35%; por Conceição et al.(1986), com *Hevea spp*, onde encontrou redução de 24% a 41% do crescimento caulinar em razão do déficit hídrico.

Estes resultados também corroboram com Correia & Nogueira (2004) que encontraram reduções de 52% na massa seca de caule de amendoim (*Arachis hypogaea* L) quando submetidos a estresse hídrico.

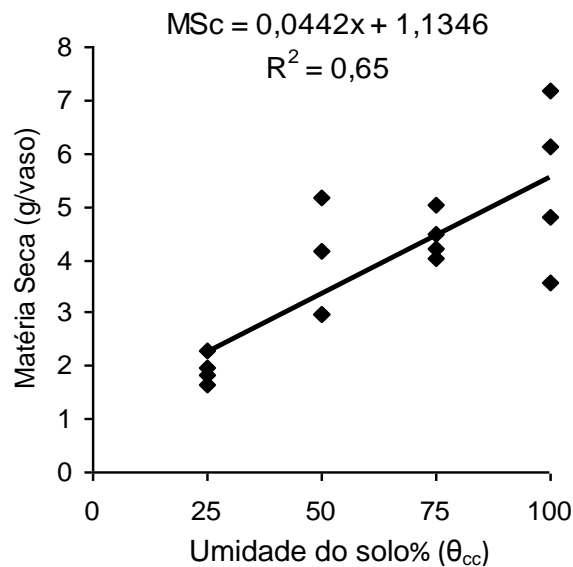


Figura 3 – Matéria seca de caule (MSc) (g/vaso) de estilosantes Campo Grande em função dos níveis de umidade do solo.

Entretanto, os dados divergem dos reportados por Santiago et al. (2000) em sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), que encontraram incremento da biomassa do caule de 39,5% e 46%, 32% e 38,5% e 29% e 37%, com restrição hídrica severa (25% da capacidade campo) e moderada (50% da capacidade de campo) e controle, respectivamente, aos 65 e 90 dias pós-plantio.

Admite-se que, conforme ocorreu com a matéria de folhas, a cultivar apresentou, para esta variável, resposta positiva ao aumento do teor de umidade do solo.

### 4.3 Matéria seca de raiz

Houve crescimento da matéria seca de raiz (MSr) quando a umidade do solo aumentou até 75% da umidade à capacidade de campo, apresentando,

a partir daí, ligeiro decréscimo (Figura 4), conforme a equação  $MSr = -0,001x^2 + 0,1729x - 2,0427$ , com  $R^2 = 0,86$ . Esse comportamento indica que para o crescimento máximo, as raízes demandam menos água que a parte aérea, ou seja, sob maior teor de umidade do solo, a prioridade é o crescimento da parte aérea, uma vez que as raízes não precisam crescer para captar a água que está disponível de modo satisfatório.

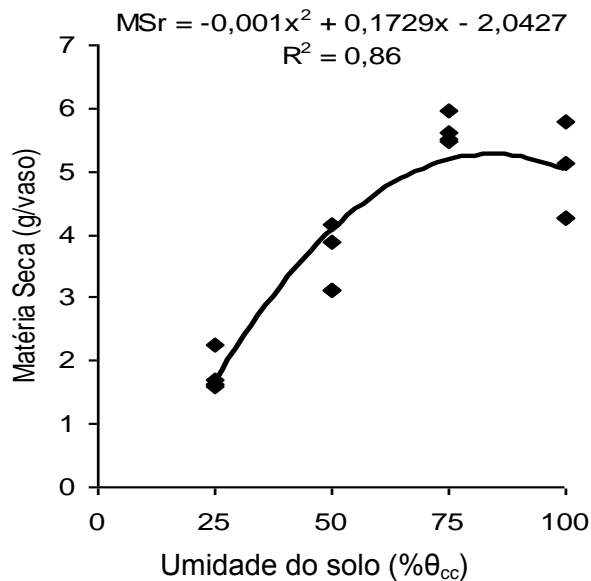


Figura 4 – Matéria seca de raiz (MSr) (g/vaso) de estilosantes Campo Grande em função dos níveis de umidade do solo.

Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com vários autores como Santiago et al. (2000) que, avaliando crescimento de plantas jovens de *Mimosa caesapiniifolia* Benth, encontraram que o estresse diminuiu o peso de massa seca de raiz; Paiva (2007), que encontrou valores decrescentes na massa fresca de raiz de *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc. Cv. Java, quando submetida a déficit hídrico. Resultado semelhante para o tratamento de estresse moderado de 40% da deficiência hídrica, foi obtido por Marin (2003) trabalhando com guandu (*Cajanus cajan* L.); por Rassini & Leme (2001) que encontraram maior desenvolvimento das raízes de alfafa (*Medicago sativa* L) quando se aumentaram os níveis de água, notadamente nos estádios

vegetativo e reprodutivo; por Rocha (2001), que em trabalho com feijão caupi, reporta efeito do decréscimo no volume de raízes das plantas expostas à insuficiência hídrica do solo.

Muitos autores, entretanto, afirmam que a biomassa da raiz aumenta sob condições do aumento do déficit hídrico, mecanismo que confere tolerância ao estresse hídrico. É o caso de Lenhard (2008), que encontrou, em mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea*), maior crescimento das raízes quando submetidas a 12,5% da capacidade de campo. Maior massa de raiz sob menor disponibilidade de água também foi constatada por Pinto (2006), em mamona, gergelim e amendoim, Correia & Nogueira (2004), em amendoim e por Pimentel & Perez (2000), em feijão comum.

Na figura 4, observa-se que, a partir de 75% da umidade à capacidade de campo, o crescimento da raiz não respondeu ao aumento da umidade do solo, ou seja, um aumento na matéria seca de raízes constituiria uma maior estrutura para sintetizar e manter, com pouco ou nenhum proveito para as plantas.

#### **4.4 Área foliar**

O comportamento da área foliar ( $A_f$ ) frente o aumento da disponibilidade hídrica está expresso na Figura 5, descrito pelo modelo matemático tipo linear  $A_f=8,8664x-14,476$  com  $R^2=0,91$ , indicando a possibilidade de crescimento além do observado, desde que seja suprida a quantidade de água necessária. A água é necessária aos processos de síntese e expansão celular, imprescindíveis ao crescimento da área foliar. Inversamente, sob déficit hídrico, ocorre redução da área foliar, seja por redução do tamanho e número de novas folhas como também pela queda de folhas, para diminuição da área de transpiração das plantas e evitar gasto de energia com a manutenção de aparato fotossintético cuja capacidade de funcionamento fica prejudicada sob condições desfavoráveis de umidade.



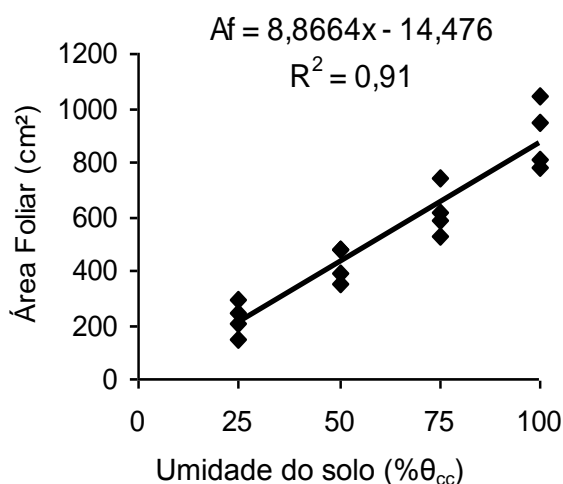


Figura 5 – Área foliar (cm<sup>2</sup>) de estilosantes Campo Grande em função dos níveis de umidade do solo.

O resultado encontrado neste trabalho está de acordo com o observado por vários autores como Miranda (2005) que, em trabalho com *Senna martiana* (Benth) Irwing & Barbeby, encontrou redução de 52% na área foliar em relação ao controle (sem restrição hídrica) quando o teor de umidade do solo atingiu 10,8% da capacidade de armazenamento do solo; Kirnak et al.(2001), que observaram, em berinjela submetida a estresse hídrico de 40% de água disponível, redução de 75% na taxa de expansão foliar; Pinto (2006), mostrou reduções de áreas foliares da ordem de 35%, 40% e 67% em amendoim, gergelim e mamona, respectivamente, sob suspensão de irrigação com intervalos de sete dias para amendoim e gergelim e nove dias para a mamona.

Na Figura 5, o crescimento da área foliar está em concordância com o observado com a matéria seca de folhas, denotando a estreita relação entre as duas variáveis.

#### 4.5 Proteína bruta

De acordo com a Figura 6 observa-se que o teor de proteína bruta (PB) decresceu com o aumento da disponibilidade de água, sendo descrito pela equação  $PB=0,0015x^2-0,2623x+26,382$ , com  $R^2=0,79$ .

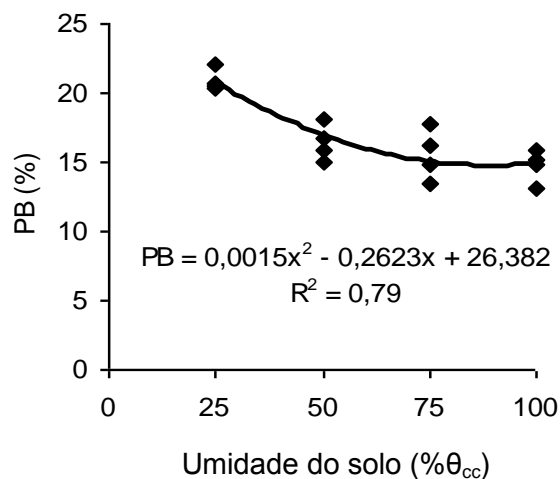


Figura 6 – Teor de proteína bruta de estilosantes Campo Grande em função dos níveis de umidade do solo.

Os percentuais constatados variaram de aproximadamente 20% (sob menor umidade) a cerca de 15% (à umidade a capacidade de campo), sendo, nas menores disponibilidades de água, superiores aos relatados por Nascimento et al. (1999) para 21 acessos de *Stylosanthes*, incluindo cinco de *S. capitata* e cinco de *S. macrocephala*. Porém, todos os percentuais encontrados atendem as exigências de bovinos em crescimento, com ganho diário de até 1 kg (NRC, 1984).

Resultados diferentes foram observados por Costa et al. (2003) que, em trabalho com alfafa (*Medicago sativa* L. cv. Crioula), não constataram diferença significativa do teor protéico entre os tratamentos sem irrigação, 50% e 75% da umidade à capacidade de campo, ou seja, os teores de proteína bruta foram de 21,22%, 22,34% e 22,61%, respectivamente. Com gramíneas, também não foram verificados efeitos do uso de irrigação sobre o conteúdo de proteína bruta de capim-mombaça, capim-tifton 85 e capim-elefante, conforme resultados de Ruggiere et al. (2003), Marcelino et al. (2003), Lopes et al. (2005) e Vitor et al. (2009).

Buxton (1995), citando dados de Peterson et al. (1992) mostra que em quatro leguminosas forrageiras (alfafa e trevos) o estresse hídrico reduziu a

concentração de proteína bruta das folhas em até 14% enquanto aumentou a dos caules em até 10%.

O teor de proteína bruta difere entre plantas e, na mesma planta, varia com a idade e com a parte considerada. Assim, as folhas são mais ricas que os caules e plantas jovens são mais nutritivas que as mais velhas. O estresse hídrico, dependendo da sua intensidade, pode causar queda de folhas ou adiamento da maturidade das plantas (Buxton, 1995). A soma de todos esses fatores faz com que os resultados dos efeitos do déficit hídrico sobre o teor protéico da forragem sejam inconsistentes ou contraditórios (Buxton, 1995).

#### **4.6 Fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido**

Os conteúdos de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) nas plantas, com o aumento do teor de água no solo, foram descritos pelas equações  $FDN = -0,002x^2 + 0,2959x + 45,852$ , com  $R^2 = 0,56$  e  $FDA = -0,0009x^2 + 0,1781x + 27,83$ , com  $R^2 = 0,53$ , respectivamente (Figura 7a e b). Em ambas, o componente quadrático é quase nulo, com as curvas se aproximando de uma linha reta, inalterada pelo conteúdo de água no solo. Assim, os teores de FDN e FDA de estilosantes campo-grande foram pouco influenciados pela umidade do solo, com uma fraca tendência de menores valores sob baixa umidade. Portanto, admite-se que sob uma faixa ampla de umidade do solo, o consumo e a digestibilidade de plantas de estilosantes Campo Grande seriam pouco alterados.

Em alfafa, os teores de FDN e FDA também foram fracamente influenciados pela umidade do solo. A FDN variou de 40,18% (sem irrigação) a 38,28 (com 75% da capacidade de campo) enquanto a FDA foi de 27,17% e 26,75%, nos mesmos tratamentos, respectivamente (COSTA et al., 2003).

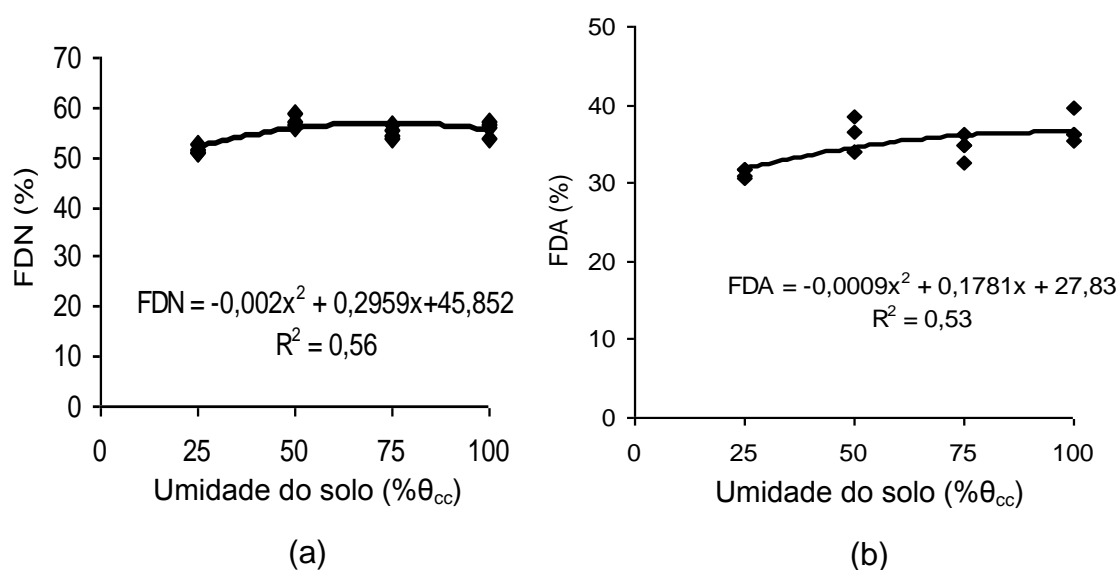


Figura 7 – Teores de FDN (a) e de FDA (b) em estilosantes Campo Grande cultivada em solos com diferentes teores de umidade.

Entretanto, outros resultados indicam forte efeito da disponibilidade de água sobre os teores de FDN e FDA. Leão (2006) observou, em gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) 49,76% e 51,91% de FDN e 24,61% e 29,77% de FDA, em plantas com e sem estresse hídrico, respectivamente. Melo et al. (2008), em sorgo, encontraram menores teores de FDN e de FDA (57,3% e 26,45%) no tratamento com 25% de reposição da água do solo e maiores teores (66,34% e 39,37%) quando a reposição foi de 100%.

Sasani et al. (2004) afirmaram que o estresse decresceu os teores de FDA nos caules, porém, não teve efeito sobre as folhas. Conforme discutido por Mueller e Orloff (1994) o efeito do déficit hídrico sobre os teores de FDN e FDA dá-se da mesma maneira que sobre o teor de proteína bruta. Isto é, sob estresse moderado a intensidade da redução da área foliar é menor que a dos caules, o que resulta em maior proporção de folhas, acarretando, para a planta com um todo, maior conteúdo de proteína e menor de fibra. Contudo, sob estresse severo, acontece queda de folhas, e a situação se inverte.

Os resultados encontrados neste trabalho mostram teores mais elevados de FDN e FDA em estilosantes Campo Grande, quando comparados a outras leguminosas forrageiras, o que, sem que sejam levados em

consideração outros fatores, poderia inibir o consumo e a digestibilidade desta leguminosa.

#### 4.7 Cálcio e Fósforo

Os teores de cálcio (Ca) e fósforo (P) na leguminosa apresentaram comportamentos diferentes com o aumento da disponibilidade hídrica. Enquanto o cálcio cresceu linearmente, com o fósforo ocorreu o inverso, como mostra a figura 8 com as respectivas equações e coeficientes de determinação  $Ca=0,0122x+0,5125$ ,  $R^2=0,79$ ; e  $P=-0,0008x+0,1425$ ,  $R^2=0,59$ , respectivamente.

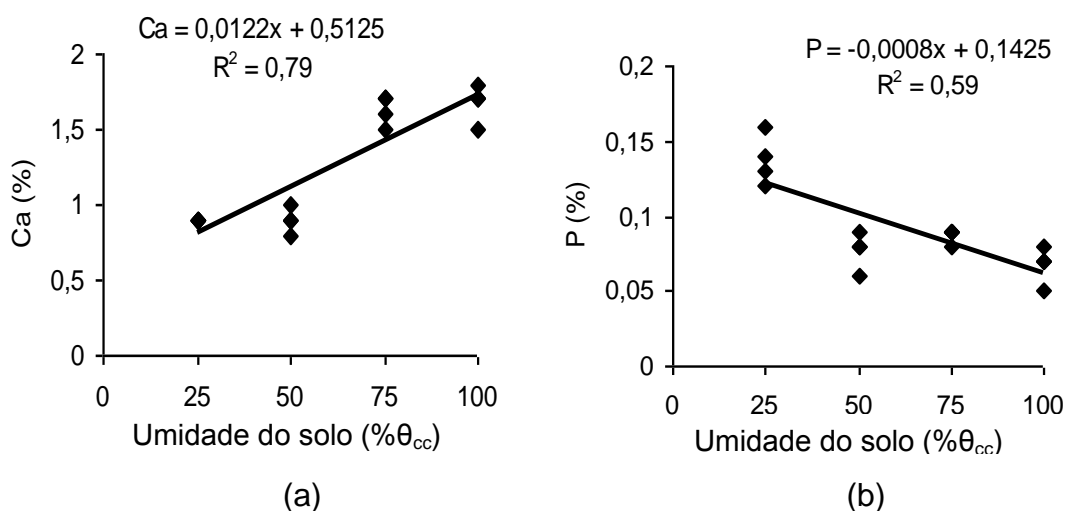


Figura 8 – Teores de cálcio (a) e fósforo (b) em estilosantes Campo Grande cultivada em diferentes níveis de água no solo.

Para o fósforo, esse resultado está em desacordo com afirmação de Hernández et al. (2005) de que a absorção do fósforo e do cálcio pelas plantas é favorecida pelo suprimento adequado de água no solo. Porém, Dias Filho et al.(1992) constataram que em *Panicum maximum* cv. Tobiatã, não houve efeito de níveis decrescentes de água no solo sobre o percentual de fósforo nas folhas das plantas. Esses dados concordam com a afirmação de Buxton

(1995) de que o primeiro efeito do déficit hídrico é a redução da produtividade, enquanto a qualidade da forragem é pouco afetada.

Os dados constatados para fósforo assemelham-se aos verificados por Nascimento et al. (1999), em Teresina, em 21 acessos de *Stylosanthes*, onde foram citados 0,099% de fósforo nos acessos de *S. capitata* e 0,109% nos acessos de *S. macrocephala*. Porém, relativamente a cálcio, os percentuais verificados no presente estudo foram cerca de três a quatro vezes superiores aos dados de Nascimento et al. (1999), que constataram médias de 0,365% e 0,308% do nutriente em acessos de *S. capitata* e *S. macrocephala*, respectivamente.

Os percentuais constatados de fósforo estão abaixo do nível crítico do nutriente estabelecido pelo CIAT (1982), para *S. capitata*, que varia de 0,11% a 0,18%. Contudo, a reconhecida habilidade das espécies do gênero *Stylosanthes*, e em particular de *S. capitata*, de extrair e utilizar P em solos com baixos níveis desse elemento (Grof et al., 1979), parece ter sido limitada pelo baixo conteúdo do nutriente no solo (Tabela 2).

Em pastagens nativas do Piauí, os percentuais de cálcio e fósforo são baixos. Nascimento et al. (1998) constataram valores médios de 0,02% a 0,08% de fósforo e de 0,10% a 0,90% de cálcio. Esses baixos valores foram confirmados por Castelo Branco et al. (2002), que observaram, em pastagens nativas de nove municípios do Piauí, percentuais de fósforo e de cálcio variando de 0,010% a 0,032% e de 0,308% a 0,753%, respectivamente. Desse modo, quando comparado com a pastagem nativa, o estilósantes Campo-Grande tem potencial para enriquecer a dieta dos ruminantes em fósforo e cálcio, sob quaisquer dos níveis testados de umidade do solo.

## 5. CONCLUSÕES

O estilosantes Campo Grande responde ao acréscimo da umidade do solo aumentando a área foliar, a matéria seca de folhas e de caules e o teor de cálcio das plantas, com pequena alteração nos conteúdos FDN e FDA.

Os teores de proteína bruta, de cálcio e de fósforo de estilosantes Campo Grande, foram influenciados pelos níveis de umidade do solo.

O maior crescimento de raízes de estilosantes Campo Grande não está associado aos menores níveis de umidade do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOTTI NETO, A. **Estimativa de retenção de água no solo a partir do uso de equipamentos não convencionais: redes neurais artificiais e funções de pedotransferências**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2007.

ARRUDA, F. B.; ZULLO JUNIOR, J.; OLIVEIRA, J. B. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.11, n.1, p.11-15, 1987.

BARBOSA, D. C. A. et al. Comparative studies of growth in three species of "caatinga" submitted to water stress. **Phyton** **69**: 45-50. 2000.

BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C. de A. Crescimento e estabelecimento de plantas. P. 173-177. In: **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas** (eds. E. V. S. B. Sampaio; S. J. Mayo & M. R. V. Barbosa). Recife, Sociedade Botânica do Brasil/Seção Regional de Pernambuco. 1996.

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.

BASTOS, E. A. et al. Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.22, n.1, p.43-50, 2002.

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

BOTREL, M. de A.; PEREIRA, J. R.; XAVIER, D. F. Avaliação e seleção de leguminosas forrageiras para solos ácidos e de baixa fertilidade. I. *Stylosanthes* spp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 1, n. 20, p. 35-43, 1985.

BUXTON, D.R. Growing quality forages under variable environmental conditions. In: J.J. KENNELLY (Ed.) Western Canadian Dairy Seminar. **Proceedings....** Edmonton, AB: University of Alberta. Disponível em: <http://WWW.wcds.afins.ualberta.ca/Proceedings/1995/wcd95123.htm>, acesso em 29/06/2009.

CABRAL. E. L. et al. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia áurea* (Marsh) Benth & Hook. F. ex s. Moore submetida a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 2, 2004.

CAIRES et al. Crescimento radicular e nutrição de soja no sistema de plantio em resposta ao calcário e gesso na superfície. *Revista Brasileira de Ciência do*



Solo, n.25, p.1029-1040, 2001. Disponível em <<http://www.scielo.com.br>> Acesso em 09/07/22009.

CASTELO BRANCO, J. da F. et al. Macronutrientes em solos e pastagens nativas da região norte do Estado do Piauí. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39. Recife, PE, 2002. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD Rom.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colômbia. Tropical pastures program. **Annual report** CIAT: Cali, p.167-172, 1982.

CENTURION, J. F.; MORAES, M. H.; DELLA LIBERA, C. L. F. Comparação de métodos para diminuição da curva de retenção de água em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.173-179, 1997.

CHAMPE, P. C. **Bioquímica ilustrada**. 2ª edição. Editora Artes Médicas Cul Ltda. Porto Alegre, 1996.

CONCEIÇÃO, H. E. O.da.; OLIVA, M. A.; LOPES, N. F. 1986. Resistência à seca em seringueira. II. Crescimento de partição de assimilados em clones submetidos a déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 21: 141-153.

CORREIA, G.K.; NOGUEIRA, C.M.J.R. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogae* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, n.2, v.4, 2º Semestre de 2004.

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; OLIVEIRA, J.R. da C. **Resposta do Guandu (*Cajanus cajan*) à altura e Freqüência de Corte**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003. 3 p. (Comunicado Técnico, 253)

COSTA, N. L. de; OLIVEIRA, J. R. C. da. Avaliação agronômica de ecotipos de *Stylosanthes capitata* em Rondônia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. P. 39-41.

DIAS FILHO, M.B.; CORSI, M.; CUSATO, S. Concentration, uptake and water use efficiency of N, P and K in *Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiatã, under water stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n.3 p. 381-387, 1992.

EMBRAPA GADO DE CORTE. **Estilosantes Campo Grande: estabelecimento, manejo e produção animal**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 8 p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 61).

EMBRAPA MEIO-NORTE. **Atlas climatológico do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. CD ROM. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 101).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. ver. Atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERNANDES, A. T. F.; FERNANDES, C. D.; GROF, B. Reação de acessos de *Stylosanthes capitata* à antracnose. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 15, n. 1, p. 23-26, 1993.

FERNANDES, C. D. et al. Avaliação agronômica de acessos de *Stylosanthes spp.* nos cerrados de Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37. 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM. 0688.

FERNANDEZ, C. J.; MCINNES, K. J.; COTHREN, J. T. Watter status and leaf área production in water – and nitrogen – stressed cotton. **Crop Science**, Madson, v.36, p.1224-1233, 1996.

FERREIRA, M. B.; COSTA, N. M. S. Novas espécies do gênero *Stylosanthes* para Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 38., 1977, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: EPAMIG, 1977. p.77-100.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURTI, N. Mineralogia da fração da argila e estrutura de latossolos da região sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. V.23, n.3, p.507-514, 1999. Disponível em <http://www.revistas. irriga.com.br> Acesso em 11/08/2009.

FIGUERÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMAKUBURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Miracrodruon urundeuva* Allemão (*Anacardiaceae*) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasileira** 18(4): 573-580. 2004.

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

GROF, B. et al. A novel technique to produce polygenic resistance to anthracnose in *Stylosanthes capitata*. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, Piracicaba. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 525-526.

GROF, B.; SCHULTZE-KRAFT, R.; MILLER, F. *Stylosanthes capitata* vog., some agronomic attributes and resistance to antracnose (*Colletotrichum gloesporioides* Penz). **Tropical Grasslands**, v.13, n.2, p28-37, 1979.

GUODAO, L.; PHAIKAEW, C.; STUR, W. W. Status of *Stylosanthes* development en other countries. II. *Stylosanthes* development and utilizacion in China and south-east Asia. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 31, n. 4, p. 460-466, 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.

HERNANDÉZ, F. B. T.; GOMES, D. R.; VANZELA, L. S. Características químicas do solo sob condições irrigadas e de sequeiro na cultura da acerola. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 15., 2005, Teresina. Disponível em <<http://www.feis.unesp.br/conird2005>>\_Acesso em 07.09.2009.

JAKELAITIS, A. et al. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v.38, n.2, p.118-127, 2008.

KIRNAK, H.; KAYA, C.; TAS, I.; HIGGS, D. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, 27 (3–4), 34–46, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531 p.

LAWLOR, D. W. Limitation to photosynthesis in leaves water-stressed: stomata vs. metabolism and the role of ATP. **Annals of Botany**, 89: 871-885, 2002.

LEÃO, D. A. S. **Estresse hídrico e adubação fosfatada no desenvolvimento inicial de gliricidia (*Gliricidia sepium* (jacq.) Steud.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench.)**. 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia/Sistema Agrosilvopastoril). CSTR, UFCG, Patos, PB, 2006.

LENHARD, N. R. **Crescimento inicial de mudas de (*Caesalpinia férrea* ex. Tul. var. *Leiostachya* (pau ferro) sob diferentes regimes hídricos e sombreamento**. 2008. ...f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Dourados, Dourados, MS, 2008.

LENNÉ, J. M.; CALDERON, M. A. Disease and pest problems of *Stylosanthes*. In: STACE, H. M.; EDYE, L.A. **The biology and agronomy of *Stylosanthes***. Sydney: Academic Press, 1984. p.279-293.

LOPÉZ-BUCIO, J. L. et al. Phosphate availability alters architecture and cause changes in hormone sensitivity in the *Arabidopsis* root system. **Plant Physiology**, v.129, p.244-256, 2002.

LOPES, R. S.; FONSECA, D. M.; OLIVEIRA, R. A. Efeito da irrigação e adubação na disponibilidade e composição bromatológica da massa seca de lâminas foliares de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.20-29, 2005.

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.

MALAVOLTA, E.; VITTI, E. C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas (princípios e aplicações), 2 ed. Piracicaba, **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 319p. 1997. Disponível em <http://www.scielo.com.br> > Acesso em 07/07/2009.

MARCELINO, K. R. A.; VILELA, L.; LEITE, G. G. et al. Manejo da adubação nitrogenada e de tensões hídricas sobre a produção de matéria seca e índice de área foliar de Tifton 85 cultivado no Cerrado. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.2, p.268-275, 2003

MARIN, A. **Influência associada do estresse hídrico e do alumínio na germinação e crescimento inicial do guandu (*Cajanus cajan* L.)**. 2003. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção vegetal): Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

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

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.

MELO, D. et al. Avaliação da produção do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) submetido à redução de água no solo. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 3., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CEFET-CE: SETEC: MEC: REDENET, 2008.1 CD-ROM.

MELO, D.; SOUSA, A.; SOUTO, J.; PEREIRA, R. **Avaliação do milheto (*Pennisetum glaucum* (L) B.R.) sob diferentes níveis de água no solo**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CEFET-PB: SETEC: MEC: REDENET, 2007. 1 CD-ROM. PB, 2007.

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.

MILES, J. W.; LASCANO, C. E. Status of Stylosanthes development in other countries. I Stylosanthes development and utilizations in South America. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.31, n.5, p. 454-459, 1997.

MIRANDA, C. H. B.; FERNANDES, C. D.; CADISCH, G. **Quantifying the nitrogen fixed by stylosanthes**. *Pasturas tropicales*, v.21, n.1, p.64-69, 1999.

MIRANDA, J. M. G. **Biometria, germinação e efeito do déficit hídrico no crescimento e trocas gasosas de *Senna martiana* (Benth.) Irwin & Barneby (Leg-Caesalpinioideae)**. 2005. 80f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

MUELLER, S. C.; ORLOFF, S. B. Environmental factor affecting forage quality. In: Alfalfa. Proceedings...Davies: University of California. 1994. Disponível em <<http://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/1994/pdf.>> Acesso em 29/06/09.

NASCIMENTO, M. S. C. B. do.; NASCIMENTO, H. T. S. do.; FERNANDES, C. D. Avaliação Agronômica de acessos de *Stylosanthes*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. P. 176-178.

NASCIMENTO, M. S. C. B. et al. Avaliação de acessos de *Stylosanthes*: Ca, P, proteína bruta e matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, Anais...1999. CD ROM (FOR043)

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, DC. **National Academy of Science**, 1984. 90p. Disponível em <<http://www.scielo.com.br>> Acesso em 07/07/2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. Nutrient requirement of beef cattle, Washington, DC. Ed. **National Academy Press**. 2000. Disponível em <<http://www.cnpqg.embrapa.br>> Acesso em 07/07/2009.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; PEDREIRA, C.G.S. valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: 150 Simpósio sobre manejo de pastagem. Manejo de pastagens de Tifton, Coastcross e Estrela. 1998. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. p.203-242. 1998

OLIVEIRA, I. P. et al. Efeitos qualitativo e quantitativo da aplicação de fósforo no capim Tanzânia-1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 20, n. 1, p. 36- 41, 2001.

PAIVA, A. S. de. **Disponibilidade hídrica na germinação de sementes e no crescimento de plântulas da leguminosa forrageira *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc. cv Java**. 2007. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. UNESP. 2007.

PAULINO, V. T. et al. **Retrospectiva do uso de leguminosas forrageiras**. In: ENCONTRO SOBRE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS, Nova Odessa, 2006. 46p

PETERSON, P. R.; SHEAFFER, C. C.; HALL, M. H. Drought effects on perennial forage legume yield and quality. **Agronomy Journal**, v.84, n.5, p.774-779, 1992.

PETRY, C. **Adaptação de cultivares de soja a deficiência hídrica no solo.** 1991, 106 f. Dissertação de Mestrado, UFSM, Santa Maria, 1991.

PIMENTEL, C; PEREZ, A. J. de L. C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca, em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.31-39, 2000.

PINTO, C. de M. **Respostas morfológicas e fisiológicas do amendoim, gergelim e mamona a ciclos de deficiência hídrica.** 2006. 80 f. Dissertação de Mestrado. UFC, Fortaleza, CE, 2006.

PORTELA, C. J. Retenção da água em solo sob diferentes usos no ecossistema tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.5. n.1, p.49-54, 2001.

QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, J. A.; MARIA, J. Avaliação da folha e colmo de topo e base de perfilho de três gramíneas forrageiras. 1. Digestibilidade “in vitro” e composição química. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.20, n.1, p.53-60, 2000.

RASSINI, J. B.; LEME, E.J. A. Manejo de água para estabelecimento de alfafa (*Medicago sativa* L.). In: **Rev. Bras. Zootec.** n.30, n.2, Viçosa, MG, 2001.

REDDY, A. R., CHAITANYA, K. V, VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology** 161: 1189–1202, 2004.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas.** 2ª ed. Piracicaba: ESALQ. 1996, 513p.

ROCHA, F. da. G.D. **Relações hídricas, crescimento de plantas e estratificação do sistema radicular em feijão-de-corda submetido a deficiência hídrica na fase vegetativa.** 2001, 60f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

RUGGIERE J. A.; FREITAS, K. K.; ROSA, B. et al. Composição bromatológica do capim- Mombaça avaliado com diferentes lâminas de água e doses de adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. CD ROM.

SANTIAGO, A. M. P. **Aspectos do crescimento do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em função da disponibilidade de água no solo.** 2000. 64 f. Dissertação de mestrado em Botânica-UFRPE, Recife.

SANTIAGO, A. M. P.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; LOPES, E. C. Crescimento de plantas jovens de *Mimosa caesalpinifolia* BENTH., cultivada sob estresse hídrico. **Revista Ecossistema**, v.26, n.1, 2001.

SANTOS, F. R. & CARLESSO, R. Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas à déficit hídrico em diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.3, n.1, p.1-6. 1999.

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, 2001.

SASANI, S.; JAHASOOZ, M. R.; AHMADA, A. The effects of déficit irrigation on water use efficiency, ield, and quality of forage pearl millet. In: **FISCHER, T. et al.** (eds). New directions for a diverse plant. Proceeding for the 4th Internacional crop science congress. Brinshane, Australi, 2004. p.1-5.

SILVA, E. C. **Ecofisiologia de quatro espécies lenhosas ocorrentes no nordeste, submetidas a estresse hídrico**. 2002. Dissertação de mestrado em Botânica-UFRPE, Recife, 2002.

SOARES NETO, J. P. & REZENDE, J. de O. **Determinação e disponibilidade de água em solos coesos dos tabuleiros costeiros do Estado da Bahia**, 2000. Disponível em <http://www.magistra.ufba.br>. Acesso em 20 de julho 2009.

SORIA, L. G. T. Produtividade do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) em função da lâmina de irrigação e da adubação nitrogenada. 170 f. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2004.

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

THOMAS, D.; LASCANO, C. E.; VERA, R. R. A tropical pasture legumes for por soils. **Span**, v.30, n.2, p.59-61, 1987.

TRINDADE, D. S.; CAVALHEIRO, A. C. L. Concentrações de fósforo, ferro e manganês em pastagem nativa do Rio Grande do Sul. Ver. Da Soc. Brás. de Zoot. V.19, n.1, 1992, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1992.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Prfess, 1994. 476 p.

VITOR, C. M. T. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.435-442, 2009.

**ANEXOS**



Anexo A – Matéria seca de folha, de caule, de raiz (g/vaso), área foliar (cm<sup>2</sup>), teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), cálcio (Ca) e fósforo (P), em plantas de estilosantes campo grande, em Latossolo Amarelo, oriundo do município de São João do Piauí, PI, sob quatro teores de água no solo

ITEM	Níveis de Irrigação (%)				Média ± s	Equações de regressão	CV (%)
	25	50	75	100			
Folha (g/vaso)	1,82	3,27	4,66	5,71	3,88±1,04	$Y = 0,0528x + 0,5825 \quad R^2 = 0,73$	26,57
Caule (g/vaso)	1,92	3,81	4,43	5,40	3,89±1,00	$Y = 0,0442x + 1,1346 \quad R^2 = 0,65$	25,22
Raiz (g/vaso)	1,79	3,57	5,63	4,86	3,96±0,50	$Y = -0,001x^2 + 0,1729x - 2,0427 \quad R^2 = 0,86$	12,60
Área foliar(cm <sup>2</sup> )	895,91	617,42	123,73	221,61	539,66±89,09	$Y = 8,8664x - 14,476 \quad R^2 = 0,91$	16,13
FDN (%)	52,48	55,69	55,06	55,07	54,89±2,43	$Y = -0,002x^2 + 0,2959x + 45,852 \quad R^2 = 0,56$	4,40
FDA (%)	31,27	35,73	34,68	36,83	34,63±1,69	$Y = -0,0009x^2 + 0,1781x + 27,83 \quad R^2 = 0,53$	4,90
PB (%)	20,91	16,43	15,51	14,71	16,89±1,43	$Y = 0,0015x^2 - 0,2623x + 26,382 \quad R^2 = 0,79$	8,47
Ca (%)	0,90	1,00	1,47	1,32	1,27±0,39	$Y = 0,0122x + 0,5125 \quad R^2 = 0,79$	31,00
P (%)	0,12	0,08	0,09	0,07	0,09±0,03	$Y = -0,008x + 0,1425 \quad R^2 = 0,59$	32,40

