Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Influência da disponibilidade de água no desenvolvimento de plantas de capim-marandu e milho: cultivo solteiro e consorciado

Leandro Coelho de Araujo

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2008

Leandro Coelho de Araujo
Zootecnista

Influência da disponibilidade de água no desenvolvimento de plantas de capim-marandu e milho: cultivo solteiro e consorciado

Orientadora:
Drª. **PATRÍCIA MENEZES SANTOS**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Araujo, Leandro Coelho de
Influência da disponibilidade de água no desenvolvimento de plantas de capim-marandu e milho: cultivo solteiro e consorciado / Leandro Coelho de Araujo. - - Piracicaba, 2008.
97 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Balanço hídrico 2. Capim marandu 3. Consorciação de culturas 4. Milho 5
Perfilhação 6. Produção vegetal I. Título

CDD 633.2

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos alunos que se dedicam a ciência acadêmica do setor agrário, não medindo esforços nem conseqüências para conquistarem seus objetivos, onde na maioria das vezes o experimento é seu único companheiro.

Ofereço

Ao povo brasileiro que merece um setor agropecuário responsável, rentável e ecologicamente correto.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Valdir e Maria Teresa por sempre depositarem em mim, confiança e respeito em qualquer decisão que eu tenha tomado na minha vida acadêmica.

À Fabiana, pelos inúmeros dias e horas dedicados em ajudar-me na elaboração da dissertação, seja nas atividades em campo, análises estatísticas, correções, sugestões, conselhos e principalmente por sua compreensão, companheirismo e sem duvida nenhuma pela excelente amizade, que será eterna.

À Drª Patrícia Menezes Santos pelos seus ensinamentos e, principalmente, por sua paciência na orientação e correção deste trabalho, fazendo jus ao título de orientadora.

A Embrapa Pecuária Sudeste pela disponibilização de áreas, equipamentos e funcionários para realização deste trabalho.

Ao Dr. Fernando Mendonça (Embrapa Pecuária Sudeste) pela ajuda e pelos conselhos prestados, principalmente na área de irrigação, demonstrando ser um grande amigo e profissional.

Aos pesquisadores Dr. Luiz Marcelo Aguiar Sans (Embrapa Milho e Sorgo) e Dr. Fernando Antônio Macena Silva (Embrapa Cerrados) pelas dúvidas solucionadas e sábias sugestões para implantação deste experimento em campo.

Ao Evandro pela oportunidade de conviver durante o mestrado, assim como por sua amizade adquirida desde a época de escola agrícola.

Aos estagiários da Embrapa Pecuária Sudeste, Paulinho, Caio, Davi, Diego, Angélica, Fábio, Charaba, Jonas, Nino, Pedro, Ana Clara e Vinicius, pelas amizades, brincadeiras e ajuda nas atividades de campo, tornando concreta a realização deste trabalho.

A Mariana (Sardinha), Sarah, Lícia, Fabiani, Diego, Janaina, Simone, Marcos, Rodrigo, Lucas e Anderson, pela amizade conquistada durante o estágio na Fazenda Canchim.

À bibliotecária da Embrapa Pecuária Sudeste, Sônia Alencar, pela ajuda e pela amizade durante este período.

Aos funcionários da Embrapa Pecuária Sudeste pelo auxílio prestado na condução do experimento em campo, principalmente ao Nésio e o Trimidi, pela grande amizade durante este período.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” pela oportunidade de realizar o mestrado em Ciência Animal e Pastagens.

Aos pós-graduandos do departamento de Ciência Animal e Pastagens e à Giovana, pela ajuda e esclarecimentos sobre os procedimentos e normas do Departamento de Zootecnia/ESALQ.

Ao Professor Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira pelo empréstimo do integrador de área foliar para as avaliações referente ao primeiro experimento.

Aos professores, Fábio Marin, Francisco Monteiro, Sila Carneiro da Silva, Sonia Maria de Stefano Piedade, Patrícia Menezes Santos e Irineu Umberto Packer pelas disciplinas ministradas e sugestões, assim como aos prof(s). Durval Dourado Neto, Nilson Augusto Villa Nova, Paulo César Sentelhas, Álvaro Pires da Silva e Gerson Barreto Mourão, que se disponibilizaram a esclarecer minhas dúvidas todas as vezes que os consultei.

À Universidade Federal do Tocantins, onde obtive o título de Zootecnista, e aos amigos que por lá conquistei, Prof. Clementino, Suelen, Gabriela, e Odislei, permaneceram os diálogos mesmo à distância.

A Escola Agrotécnica Federal de Araguatins onde tive a oportunidade de estudar pela primeira vez a Zootecnia e a Agricultura, despertando-me cada vez mais a vontade de seguir na área agropecuária.

À FUNCAMP pelo fornecimento da bolsa de estudo durante o mestrado.

SUMÁRIO

RESUMO....9
ABSTRACT....11
1 INTRODUÇÃO....13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA....17
2.1 O Cerrado....17
2.2 Integração lavoura-pecuária....17
2.3 Relação hídrica solo-planta-atmosfera....19
2.4 Déficit hídrico....20
2.5 Cultura do milho....21
2.6 Capim-marandu....22
2.7 Zoneamento agrícola de risco climático....23
Referências....24
3 ESTABELECIMENTO DO CAPIM-MARANDU, SOB NIVEIS DE ÁGUA NO SOLO EM ÉPOCAS DE DESENVOLVIMENTO....27
Resumo....27
Abstract....27
3.1 Introdução....28
3.2 Material e Métodos....29
3.3 Resultados e Discussão....38
3.4 Conclusões....55
Referências....56
4 DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE MILHO E CAPIM-MARANDU CONSORCIADAS, SOB DÉFICIT HÍDRICO....61
Resumo....61
Abstract....62
4.1 Introdução....62
4.2 Material e Métodos....64
4.3 Resultados e Discussão....82
4.4 Conclusões....93
Referências....93

RESUMO

Influência da disponibilidade de água no desenvolvimento de plantas de capim-marandu e milho: cultivo solteiro e consorciado

O projeto foi desenvolvido na Embrapa Pecuária Sudeste (São Carlos/SP) no ano de 2007. A primeira etapa consistiu de um experimento em casa-de-vegetação avaliando-se o desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob déficit hídrico durante o período de estabelecimento. Os tratamentos foram representados pela suspensão da irrigação em diferentes épocas do estabelecimento (semeadura, germinação e inicio do perfilhamento) até que o solo apresentasse teor de água equivalente a 75, 50 e 25% da umidade na capacidade de campo (%U_{cc}), além da testemunha que sem restrição hídrica. As avaliações de número de perfilhos surgidos por vaso, folhas verdes por perfilho e altura de planta foram realizadas semanalmente, iniciando-se quando 50% das plantas emitiram os perfilhos primários, até a quinta avaliação. Uma coleta de biomassa foi realizada aproximadamente 30 dias após o término do último tratamento, fracionado-a em colmos, folhas, material senescente e raízes, período em que o solo foi mantido próximo da U_{cc}. A segunda etapa foi representada por um experimento, tendo por objetivo avaliar o desenvolvimento e as características produtivas do capim-marandu em cultivo solteiro e consorciado com o milho (*Zea mays* L.) e do milho em consórcio com o capim-marandu, sob déficit hídrico em estádios críticos. O experimento foi realizado em campo durante o período de 04/04 a 16/09/2007, utilizando-se um delineamento em blocos completos com esquema em parcelas sub-divididas e três repetições. Nas parcelas foram alocados os tratamentos de déficit hídrico e nas sub-parcelas o tipo de cultivo (solteiro ou consorciado). A irrigação foi suspensa em dois estádios de desenvolvimento do capim-marandu (geminação e perfilhamento) e do milho (V4 e V15) e retornada quando o teor de água no solo apresentava umidade equivalente a 25% da capacidade de armazenamento de água (CAD). A densidade populacional de perfilhos e a altura de plantas de capim-marandu foram avaliadas semanalmente. A massa seca da parte aérea e a área foliar do capim-marandu e do milho foram determinados no momento do pendoamento do milho. Além disso, a massa seca e a área foliar do capim-marandu e os componentes da produção do milho foram avaliados no momento da coleta de grãos. Os resultados demonstraram que o déficit hídrico, em plantas cultivadas em vaso, suficiente para que o teor de água no solo apresentasse 25%U_{cc}, reduziu o perfilhamento primário das plantas assim como a produção de biomassa, independentemente do estádio em que a irrigação foi suspensa. Porém, quando o déficit foi realizado em condições de campo, observou-se apenas uma redução no perfilhamento inicial da plantas, não afetando a produção de massa seca quando houve um período de recuperação mínimo de 75 dias. A densidade populacional de perfilhos e a massa seca de parte aérea do capim-marandu foi menor no cultivo consorciado. A produtividade do milho não foi influenciada pelos déficits hídricos, indicando que o nível de 25%U_{cc} não foi suficiente para provocar estresse severo às plantas de milho nas condições experimentais avaliadas.

Palavras-chaves: *Brachiaria brizantha*; *Zea mays*; Déficit hídrico; Perfilho; Produção

10

ABSTRACT

Influence of water supply on *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Staph cv. Marandu and *Zea mays* plants development: single pasture and crop-livestock integrated systems

Two experiments were held at Embrapa South-East Cattle Research Center (São Carlos, Sp, Brazil) in 2007 to determine the effect of limited water supply over *Brachiaria brizantha* and *Zea mays* plants development when cultivated on single or on crop-livestock integrated systems. The effect of water supply restriction on the initial development of *Brachiaria brizantha* was evaluated in a green-house experiment. The pots were arranged in a factorial design (3x3+1) with replicate blocks. Treatments were the combination of conditions for interruption of water supply, based on plant development (seeding, germination and initial tillering), and for return of watering, based on soil humidity (75, 50 and 25% of soil field capacity). A control treatment, with no water restriction, was additionally established. The number of tillers per plant and the number of green leaves per tiller were evaluated weekly, for five weeks after first tillers appeared. The plants were harvested 30 days after the last water restriction period for determination of shoots, roots, stems, leaves and senescente tissues dry mass. Besides that, a field experiment was conducted between April and September/2007. A split-plot experimental design in replicate blocks was used. Periods of irrigation interruption were assigned to main plots and single (*Brachiaria brizantha*) or integrated (*Brachiaria brizantha* + *Zea mays*) systems were assigned to sub-plots. Irrigation was interrupted according to plants developmental stages: germination and initial tillering of *Brachiaria brizantha* and V4 and V15 phenological phase of *Zea mays*. For all treatments, irrigation was returned when soil humidity was 25% of its total water storage capacity. Tillers population density and height of *Brachiaria brizantha* plants were evaluated weekly. Shoot dry mass and leaf area of both *Brachiaria brizantha* and *Zea Mays* plants were evaluated when *Zea mays* plants flowered. Besides that, *Brachiaria brizantha* shoot dry mass and leaf area and corn production were evaluated at the moment of corn harvest. In the green-house experiment, initial tillering was postponed and plants dry mass was reduced when water supply was interrupted until 25% of soil field capacity humidity; on field condition, just tillering was reduced by water stress. Tillers population density and shoot dry mass of *Brachiaria brizantha* plants cultivated with *Zea mays* were lower than those of the single-treatment. Irrigation interruption did not affect corn production in the field experiment, suggesting that 25% of total soil water storage capacity was not sufficient to determine severe stress on plants in the environmental conditions of the experiment.

Keywords: *Brachiaria brizantha*; *Zea mays*; Water deficit; Tiller; Production

1 INTRODUÇÃO

Espera-se que, no ano de 2025, a população mundial chegue a 9,1 bilhões de pessoas, em conseqüência, a demanda de água para uso doméstico, industrial e agrícola aumentará (UNESCO, 2001).

A água para a agricultura provém diretamente das chuvas ou por meio de irrigações. Aproximadamente 60% da produção global de alimentos é obtida em área de sequeiro, durante o período chuvoso, e o restante em área irrigada. Aperfeiçoar a eficiência do uso da água é tecnicamente possível, e também necessário, para melhor utilização dos recursos naturais (UNESCO, 2001).

O setor agropecuário é fortemente afetado pelos fatores climáticos, principalmente as atividades que dependem diretamente das chuvas, como grande parte das lavouras e pastagens.

O Brasil apresenta áreas com precipitação pluvial média variando de mais de 3.000 (região Norte) a menos de 500 mm ano^{-1} (região Nordeste). Em algumas áreas, não são registrados períodos de estiagem (região Sul), enquanto em outras este período pode ser superior a 9 meses por ano (região Nordeste) (IBGE, 2006). Além disso, mesmo em áreas com elevados índices de precipitação pluvial, a ocorrência de veranicos é freqüente (AGRITEMPO, 2006).

A previsão de ocorrências de veranicos durante o ciclo das culturas anuais tem sido constantemente estudada na tentativa de se evitar que possíveis déficits hídricos ocorram em períodos críticos do desenvolvimento da cultura (CARDOSO; FARIA; FOLEGATTI, 2004; STRECK; ALBERTO, 2006), auxiliando o produtor no momento do plantio e evitando-se perdas na produtividade (BERGAMASCHI et al., 2004, 2006)

Quanto às pastagens, estudos mais detalhados como aqueles encontrados para culturas anuais, ainda não foram realizados. A literatura fornece informação de que plantas forrageiras podem ter seu desenvolvimento normal recuperado, após períodos de seca, caso ocorra reposição hídrica suficiente no solo (GUENNI; MARÍN; BARUCH, 2002). No entanto, durante a escassez de água as plantas têm seu desenvolvimento reduzido, resultando em baixa produção de massa seca (MATTOS; GOMIDE; HUAMAN, 2005**;** GUENNI et al., 2006) e até mesmo na degradação da pastagem.

Sabe-se ainda que a estacionalidade de produção de forragem, decorrente de variações nas condições climáticas (precipitação pluvial, temperatura, fotoperíodo e luminosidade), é um dos fatores responsáveis pelos baixos níveis de produtividade de sistemas de produção animal exclusivamente a pasto.

Atualmente, práticas como os cultivos integrados têm sido propostas como alternativa socioeconômica, aumentando a eficiência do uso dos recursos naturais disponíveis, além de diversificar o sistema de produção, sendo possível de se obter uma variedade de produtos (grãos, carnes e leite) em uma mesma propriedade, evitando-se a expansão da agropecuária para novas áreas, com as de florestas (PORTES et al., 2000; KLUTHCOUSKI; STONE; AIDAR, 2003; LANDERS, 2007).

Porém, este tipo de sistema de produção ainda necessita de estudos que considerem tal ambiente, como por exemplo, o consumo de água pelas plantas consorciadas e os impactos que a ocorrência de possíveis déficits hídricos pode ocasionar na produção final de grãos ou na perenidade das pastagens.

Este trabalho teve como objetivo estudar a influência do déficit hídrico aplicado em épocas específicas do estabelecimento de plantas de capim-marandu em cultivo solteiro, além de avaliar o desenvolvimento e a produtividade das plantas de capim-marandu e de milho no sistema consorciado, sob escassez de água.

Referências

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br>. Acesso em: 10 nov 2007.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MÜLLER, A.G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A.O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

CARDOSO, C.O.; FARIA, R.T.; FOLEGATTI, M.V. Simulação do rendimento e riscos climáticos para o milho safrinha em Londrina – PR, utilizando o modelo Ceres-Maize. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 291-300, 2004.

GUENNI, O.; MARÍN, D.; BARUCH, Z. Responses to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. **Plant and Soil**, The Hague, v. 243, p. 229-241, 2002.

GUENNI, O.; GIL, J.L.; BARUCH, Z.; MÁRQUEZ, L.; NÚÑEZ, C. Respuestas al déficit hídrico em especies forrajeras de *Brachiaria* (Trin.) griseb. (Poaceae). **Interciencia**, Caracas, v. 31, n. 7, p. 505-511, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 nov 2007

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, A. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz Feijão, 570p. 2003.

LANDERS, L.N. **Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture:** The Brazilian experience. Integrated Crop Management, Roma, FAO, v. 5, 92 p. 2007.

MATTOS, J.L.S.; GOMIDE, J.A.; HUAMAN, C.A.M. Crescimento de espécies de *Brachiaria* sob déficit hídrico e alagamento a campo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 755-764, 2005.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

STRECK, N.A.; ALBERTO, C.M. Simulação do impacto da mudança sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 424-433, 2006.

UNESCO. **A ética do uso da água doce:** um levantamento. Brasília, 2001. 80 p.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Cerrado

O Bioma Cerrado corresponde a 22% do território nacional e situa-se, em sua maior parte, entre o espaço mais densamente ocupado do Brasil (Sul-Sudeste) e a região Norte (RESENDE; KER; BAHIA FILHO, 1996). A maior parte da região de Cerrados se enquadra no tipo climático Aw (tropical estacional quente úmido) da classificação de Köppen, representada por uma estação seca (maio a setembro) e outra chuvosa (outubro a abril). A precipitação média (±desvio padrão) anual é de 1500 (±500 mm). Períodos de seca de uma a três semanas podem ocorrer durante a estação chuvosa, especialmente nos meses de janeiro e fevereiro. A temperatura média anual apresenta amplitude de 21,3 a 27,2º C (EMBRAPA CERRADOS, 2005).

Dos solos, mais de 95% das classes são representadas pelos Latossolos (50%), juntamente com os Podzólicos (15%), Areias Quartzosas (15%), Litólicos e Cambissolos (10%) e Plintossolos (6%) (MACEDO, 1996).

Estima-se que o Cerrado possui 207 milhões de hectares dos quais 136 milhões podem ser utilizados com fins produtivos (RESENDE; KER; BAHIA FILHO, 1996), porém grande parte dessa área, aproximadamente 30 milhões de hectares, é ocupada com pastagem em estádio avançado de degradação (CAMPOS, 2004).

2.2 Integração lavoura-pecuária

O sistema convencional de cultivo por longo prazo tem sido inviável nos Cerrados brasileiros. São bastante conhecidos os danos ambientais ocasionados por esse sistema de cultivo, devido ao uso de implementos inadequados que compactam as camadas superficiais, desestruturam e pulverizam a superfície do solo, favorecem o estabelecimento de plantas invasoras além de tornar o solo susceptível a erosões hídrica e eólica (SEGUY; BOUZINAC; DOUZET, 1994; KLUTHCOUSKI; STONE; AIDAR, 2003).

Alguns sistemas de cultivo, diferentes do convencional, podem se tornarem mais viáveis. Esses sistemas introduzem técnicas que preconizam a rotação de culturas com manutenção da cobertura vegetal, sem o revolvimento do solo (como o sistema de

plantio direto), e são condizentes com as peculiaridades edafoclimáticas da região, além da diluição de custos na formação/renovação de pastagens. Dentre estes sistemas tem-se a integração lavoura-pecuária (SALTON; KICHEL, 1998).

O plantio de forrageiras, para pastejo, consorciadas com culturas anuais tem se mostrado uma técnica eficiente e economicamente viável como método de recuperação e renovação de pastagens, com reconhecimento internacional (LANDERS, 2007). Nesse caso, é feito o plantio simultâneo das sementes da cultura anual e da forrageira ou o plantio da forrageira após o da cultura anual, podendo-se aproveitar também o potencial das sementes de forrageira existente no solo, por meio dos bancos de sementes. Desta forma, após a colheita da cultura, tem-se o pasto formado (KICHEL; MIRANDA; ZIMMER, 1999).

Nos mais variados sistemas de produção de culturas anuais, nas condições de Cerrados, têm sido necessária a adição de corretivos e fertilizantes minerais, em quantidades e qualidades equilibradas, para obtenção de boas colheitas, sendo que o resíduo desta adubação vem favorecer o desenvolvimento da forrageira consorciada (KLUTHCOUSKI; STONE; AIDAR, 2003).

Várias são as culturas anuais utilizadas, porém se tem preferido o milho, devido à tradição de seu cultivo, ao grande número de cultivares comerciais adaptados às diferentes regiões ecológicas do Brasil e à sua excelente adaptação quando plantado em consórcio (SILVA; JAKELAITIS; FERREIRA, 2004), podendo ser destinado à produção de grãos ou de silagem.

Apesar da redução na produtividade de grãos (da cultura anual) no sistema consorciado com forragem, em relação ao cultivo solteiro, esta diminuição na produção não inviabiliza o sistema consorciado, visto que vários outros fatores o beneficiam em especial a pastagem renovada ou formada (PORTES et al., 2000) e as questões ambientais e sociais.

As forrageiras tropicais, na sua maioria, são conhecidas pela sua adaptação e tolerância/resistência aos efeitos abióticos nocivos que comumente prejudicam as culturas anuais.

A espécie *Brachiaria brizantha* é considerada boa forrageira tropical em razão de suas características agronômicas e de proporcionar bons índices zootécnicos,

ocupando extensas áreas de cultivo no Brasil. Atualmente, tem sido recomendada para o sistema de integração lavoura-pecuária, principalmente em sistemas de rotação, ou na implantação de cultivos consorciados com culturas anuais, visando à diversificação da produção agropecuária (PORTES et al., 2000; KLUTHCOUSKI; STONE; AIDAR, 2003; TSUMANUMA, 2004).

2.3 Relação hídrica solo-planta-atmosfera

De toda água atualmente encontrada na Terra 97% formam os oceanos e apenas 3% são encontradas nos continentes ou na atmosfera. Desse total, aproximadamente 75% formam as geleiras e 24,5% ocorrem como água subterrânea e apenas 0,5 a 3% representam as águas dos rios, lagos e da atmosfera (SUGUIO, 2006).

O estudo das relações hídricas nas plantas envolve, obrigatoriamente, o sistema solo-planta-atmosfera. O solo se constitui no grande reservatório e fornecedor de água para as plantas via sistema radicular (BERNADO; SOARES; MANTOVANI, 2006), por conseguinte, as plantas são uma das principais fornecedoras de água para a atmosfera através do processo de transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2004), sendo este processo governado principalmente pelas demandas atmosféricas (FAO, 2006).

A principal forma com que a água doce se movimenta no planeta é pelos processos de evapotranspiração (evaporação da água e transpiração vegetal) e precipitação. Estes são processos antagônicos, resultantes da transferência de água e energia na forma de vapor para atmosfera e em seu retorno na forma líquida à superfície do solo ou rios/oceanos, sendo ambos expressados em milímetros (litros de água m^{-2}). Este processo é dinâmico sendo influenciado pelo tipo de solo, vegetação e latitude local (FAO, 2006).

A água é fundamental para a manutenção da integridade funcional das moléculas biológicas, células, tecidos e organismos. A célula fisiologicamente ativa necessita de um ambiente interno com 80 a 95% de água em termos de massa verde, apesar do teor total de água variar com o tipo de planta em questão, de 95% a 5% para hortaliças e árvores adultas/sementes, respectivamente (MARENCO; LOPES, 2005).

A transpiração ocorre constantemente nos vegetais, cerca de 95% da água absorvida pela planta é perdida pelo processo de transpiração e o restante usado no metabolismo e crescimento vegetal (KERBAUY, 2004).

A perda de água por transpiração é um evento essencial para a planta, ocorrendo simultaneamente á refrigeração da folha e á absorção de CO_2, pois o estômato é o orifício comum para estes processos (KERBAUY, 2004)

A água "rouba" uma quantidade significativa de calor da folha ao evaporar, quando passa do estado líquido para o gasoso na câmara subestomática, atingindo posteriormente a atmosfera (PRADO; CASALI, 2006). Durante este processo é formado um gradiente negativo de pressão no interior da folha proporcionando a ascensão da seiva e a absorção radicular da solução (KERBAUY, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Fazendo uma analogia, a transpiração foliar funcionaria como o "coração" da planta, sendo responsável pelo bombeamento da solução nutritiva pelos tecidos, e o "ritmo cardíaco" seria determinado pela demanda atmosférica, porém sem nenhum gasto de energia, pois o processo é governado pela diferença de potencial hídrico.

2.4 Déficit hídrico

A deficiência de água no solo interfere nas relações hídricas, na fisiologia e na morfologia das plantas a ponto de causar estresse hídrico que conforme a magnitude pode limitar severamente a produção de forragem e de culturas anuais e, até mesmo, a sobrevivência da espécie. Sendo assim, o estresse hídrico se torna preocupante, pois grande parte das áreas, agricultáveis ou de pastagens, está sujeita a veranicos ou secas prolongadas em todo o território nacional (AGRITEMPO, 2007).

O déficit hídrico pode ser definido como qualquer conteúdo de água de um tecido abaixo do máximo conteúdo de água observado na condição de maior hidratação da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004). Desta forma, as plantas estão constantemente sujeitas a déficits hídricos diurnos e sazonais, em que a gravidade do estresse será determinada por sua intensidade e duração.

A baixa disponibilidade de água no solo acarreta desidratação, redução do crescimento e aceleração da senescencia dos tecidos da planta, comprometendo o crescimento por reduzir as taxas de expansão foliar, de fotossíntese (BENETT;

SULLIVAN, 1981) e de aparecimento de lâminas foliares (VAN LOO, 1992), reduzindo assim a área foliar.

O nível de tolerância ao estresse hídrico varia com as espécies. As plantas de metabolismo C_4 e C_3 perdem por transpiração em média, 250 e 500 moléculas de água por molécula de CO_2 fixada, respectivamente, o que torna as plantas C_4, de modo geral, mais eficientes no uso da água e melhor adaptadas às condições de deficiência hídrica (TAIZ; ZEIGER, 2004).

2.5 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo, em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, além da sua multiplicidade de ampliações, quer na alimentação humana quer na alimentação animal, assumindo relevante papel socioeconômico (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

No entanto, essa cultura apresenta períodos críticos na sua fenologia, quanto ao déficit hídrico. Quando as plantas de milho possuem entre três a cinco folhas completamente expandidas, são definidas fisiologicamente, todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir durante o ciclo. Nesta fase é possível visualizar microscopicamente a iniciação do pendão na extremidade de formação do caule, logo abaixo da superfície do solo, sendo este período sensível ao déficit hídrico (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

Outra fase fenológica considerada crítica é da pré-floração ao início do enchimento de grãos, onde a ocorrência de déficit hídrico pode resultar em prejuízo na produção do milho (MORIZET; TOGOLA, 1984), pois neste estádio o déficit hídrico pode influenciar os processos fisiológicos ligados à formação do zigoto e ao início do enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al., 2004).

A água é o principal fator condicionante das safras de milho de verão. As estatísticas de produção revelaram que, nos anos em que ocorreram períodos secos durante o verão no Estado do Rio Grande do Sul, a produtividade das culturas foi reduzida, causando prejuízos às cadeias produtivas (MATZENAUER et al., 2002). Em uma análise dos resultados obtidos em campo, no ano agrícola de 1998/1999, na

Estação Experimental Agronômica da UFRGS no Rio Grande do Sul, Bergamaschi et al. (2004) observaram uma acentuada redução na produção de grãos de milho no Estado, com sérios prejuízos aos produtores e à cadeia produtiva ligada ao cereal. A redução na safra foi conseqüência da estiagem prolongada que ocorreu nos meses de dezembro e janeiro, quando a maioria das lavouras de milho se encontrava no período crítico, ou seja, do pendoamento ao início do enchimento de grãos.

2.6 Capim-marandu

A *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf é uma gramínea originária da África, sendo o cultivar Marandu lançado no Brasil em 1984 pela EMBRAPA (NUNES; BOOK; PENTEADO, 1985). A forrageira se tornou de grande importância nacional para a pecuária de corte, devido, principalmente, à boa adaptação à baixa fertilidade do solo e à sua resistência ao ataque de pragas.

Apesar da grande importância desta forrageira, poucos são os estudos que visão avaliar o seu desenvolvimento e comportamento sob condições de déficit hídrico.

Estudando-se as características morfogênicas, fisiológicas e produtivas de espécies de *Brachiaria*, durante e após período de estresse hídrico, Mattos, Gomide e Huaman (2005, a, b) observaram um comprometimento na taxa de alongamento das lâminas foliares em *B. brizantha,* além do controle estomático sobre as trocas gasosas nas folhas e da redução da taxa de fotossíntese líquida. O déficit hídrico afetou mais acentuadamente a área de lâminas foliares verdes e a produção de massa verde seca.

Em um estudo avaliando-se as características morfológicas de três cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum cv. Cameroon, Roxo de Botucatu e Mott) e de um híbrido de capim-elefante com o milheto (Híbrido HV-241), Barreto et al. (2001) observaram que as plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram menor altura e nenhuma delas apresentou internódios acima da altura de corte (10 cm). A redução na altura das plantas, como conseqüência do déficit, foi de 42,7% para o capim-cameroon, 35,05% para o capim-roxo-de-botucatu, 28,54% para o híbrido HV-241 e 27,43% para o capim-mott. O comprimento da lâmina foliar foi reduzido de 69,9 cm, nas plantas irrigadas, para 50,0 cm naquelas submetidas ao déficit, enquanto a

largura da lâmina foliar das plantas sob déficit correspondeu a menos da metade das plantas irrigadas.

Neste mesmo experimento os autores notaram que o déficit hídrico não influenciou o perfilhamento dos cultivares, mas, no híbrido HV-241, reduziu o número de perfilhos axilares por planta e o número total de perfilhos por planta.

Diferentemente à cultura do milho, não se sabe ao certo qual o período crítico, quanto ao déficit hídrico, no ciclo de uma pastagem, não havendo nem escala fenológica para esta cultura. Sendo assim, se faz necessário um estudo visando possíveis interferências nas produtividades das pastagens de gramíneas, em especial o capim-marandu, com o objetivo de conhecer melhor os impactos causados pelo déficit hídrico e se há alguma influência do período em que este ocorre no ciclo das pastagens em cultivo solteiro ou em consórcio.

2.7 Zoneamento agrícola de risco climático

O zoneamento agrícola de risco climático é um instrumento de política agrícola e de gestão de riscos na agricultura, iniciado na safra de 1996. Esse zoneamento vem sendo gradativamente ampliado e utilizado em larga escala no País, consolidando-se como ferramenta técnico-científica de auxílio à gestão de riscos climáticos na agricultura. Além das variáveis analisadas como solo, clima e planta, aplicam-se funções matemáticas e estatísticas, freqüencistas e probabilísticas, com o objetivo de quantificar o risco de perda nas lavouras devido à ocorrência de eventos climáticos adversos, principalmente a seca (BRASIL, 2007). Com isso, identifica-se para cada município, a melhor época de plantio das culturas nos diferentes tipos de solo e ciclos dos cultivares na tentativa de se evitarem grandes perdas na produção devido aos fatores ambientais (BRASIL, 2007).

A caracterização do nível de risco e o conhecimento dos períodos com maior freqüência de deficiência hídrica no solo constituem-se elementos muito úteis à delimitação de áreas e épocas aptas para a semeadura. Sendo assim, é importante compreender e quantificar os processos que envolvem relações solo-planta-clima, em particular as relações hídricas, a fim de programar medidas capazes de reduzirem os impactos das estiagens sobre as produções.

Referências

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br>. Acesso em: 10 nov 2007.

BARRETO, G.P.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, 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. 1. Parâmetros morfológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 1-6, 2001.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. 2007. Acesso em: 01 jul. 2007.

CAMPOS, X.C. **Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de *brachiaria decumbens***. 2004. 119p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas.) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

EMBRAPA CERRADOS. **Embrapa Cerrados:** conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental. 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. 43 p. (Documentos, 4). Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/unidade/informacoesgerais.pdf>. Acessado em: 15 nov. 2007.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FAO. **Evapotranspiración del cultivo:** guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, 2006. 298 p. (Boletin, 56).

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H.; ZIMMER, A. H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1. , 1999, Viçosa. **Anais ...** Viçosa: UFV, 1999. p. 201-234.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A.R.; TEIXEIRA, S.M.; OLIVEIRA, E.T. Renovação de pastagens do Cerrado com arroz. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Barreirão.** Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1991. 20 p. (Documento, 33).

LANDERS, L.N. **Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture:** The Brazilian experience. Rome: FAO, 2007. 92 p. (Integrated Crop Management, 5).

MACEDO, J. Os solos da região do Cerrado. In: ALVAREZ, V.V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável.** Viçosa: SBCS, 1996. p. 135-167.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 76).

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal:** fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2005. 451 p.

MATTOS, J.L.S.; GOMIDE, J.A.; HUAMAN, C.A.M. Crescimento de espécies de *Brachiaria* sob déficit hídrico e alagamento a campo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 755-764, 2005a.

_____. Crescimento de espécies do gênero *Brachiaria,* sob déficit hídrico, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 746-754, 2005b.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MALUF, J.R.T.; BARNI, N.A.; BUENO, A.C.; DIDONE, I.A.; ANJOS, C.S.; MACHADO, F.A.; SAMPAIO, M.R. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2002. 105 p. (Boletim Fepagro, 10).

MORIZET, J.; TOGOLA, D. Effect et arrière-effect de la sécheresse sur la croissance de plusieurs génotipes de maïs. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE, 1984, Versailles. **Les bésoins en eau des cultures**. Paris: INRA, 1984. p. 351-360.

NUNES, S.F.; BOOK, A.; PENTEADO, M.I. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Campo Grande: Embrapa, CNPGC, 1985. 31 p. (Documento, 21).

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

PRADO, C.H.B.A; CASALI, C.A. **Fisiologia vegetal:** práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral. Barueri: Manole, 2006. 448 p.

RESENDE, M.; KER, J.C.; BAHIA FILHO, A.F.C. Desenvolvimento sustentável do Cerrado. In: ALVAREZ, V.V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável.** Viçosa: SBCS, 1996. p. 169-199.

SALTON, J.C.; KICHEL, A.L. Milheto: uma alternativa para covertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 45, p. 41-42, 1998.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S.R.R.; DOUZET, J.M. **Gestão dos solos e das culturas nas áreas de fronteiras agrícolas dos Cerrados úmidos e das florestas no Centro-Oeste brasileiro - Região Centro- Norte do Mato Grosso**: Campanha agrícola 1993/94. Lucas do Rio Verde: RPA/COOPERLUCAS/CIRAD-CA, 1994. 259 p.

SILVA, A. A.; JAKELAITIS. A.; FERREIRA, L. R. Manejo de plantas daninhas no sistema integrado agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. A.; AGNES, E. L. **Manejo integrado**: integração agricultura-pecuária. Viçosa: UFV, 2004. p. 117-169.

SUGUIO, K. **Água**. Ribeirão Preto: Holos, 2006. 242 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E.R. Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TSUMANUMA, G.M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba, SP**. 2004. 83 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

VAN LOO, E.N. Tillering, leag expansion and growth of plants of two cultivar s of perennial ryegrass grown using hydroponics at two water potential. **Annals of Botany**, Oxford, v. 70, n. 6, p. 511- 518, 1992.

3 ESTABELECIMENTO DO CAPIM-MARANDU, SOB NIVEIS DE ÁGUA NO SOLO EM ÉPOCAS DE DESENVOLVIMENTO

Resumo

As gramíneas forrageiras fazem parte da maior fração da dieta dos ruminantes no Brasil, sendo fornecida aos animais principalmente na forma de pastagem. Estas possuem uma característica que as confere uma constante renovação e perenidade no sistema, quando bem manejadas, que é o perfilhamento. Durante a formação de uma pastagem é muito importante que as recomendações de adubações, escolha certa da forrageira a ser utilizada entre outros fatores, sejam considerados. A época de implantação também deve ser bem planejada, visto que as ocorrências de possíveis veranicos podem comprometer o estabelecimento da planta, resultando em pastagens mal formadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características produtivas, além do desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf cv. Marandu sob influência do déficit hídrico, em diferentes estádios do período de estabelecimento. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação na Embrapa Pecuária Sudeste (São Carlos/SP) num delineamento em blocos completos casualizados com arranjo fatorial 3x3+1. Os tratamentos foram representados pela suspensão da irrigação em diferentes épocas do estabelecimento (semeadura, germinação e perfilhamento primário) até que o solo apresentasse teor de água equivalente a 75, 50 e 25% da umidade na capacidade de campo (%U_{cc}), além da testemunha que não sofreu restrição hídrica. As avaliações de número de perfilhos surgidos por vaso, folhas verdes por perfilho e altura de planta foram realizadas semanalmente, iniciando-se quando 50% das plantas emitiram os perfilhos primários, até a quinta avaliação. Uma coleta de biomassa foi realizada aproximadamente 30 dias após o término do último tratamento, fracionado-a em colmos, folhas, material senescente e raízes, período em que o solo foi mantido próximo da U_{cc}. Os resultados demonstram que a emissão dos perfilhos primários foi retardada quando o déficit hídrico foi suficiente para atingir 25% U_{cc}, assim como as plantas neste tratamento foram menores. Porém, os perfilhos acumulados foram iguais ao final do período de avaliação. A produção de biomassa foi reduzida com o menor teor de água no solo, ocasionando as menores produções de matéria seca de folhas, colmos e raízes, independente da época em que a irrigação foi suspensa. Sendo assim, observou-se um menor desenvolvimento durante a fase de estabelecimento das plantas de capim-marandu, quando o déficit hídrico foi suficiente para que o solo apresentasse teor de água equivalente a 25% U_{cc}.

Palavras-chaves: Gramínea; Déficit hídrico; Perfilho; Biomassa

Abstract

Forage grasses are greatly used for ruminants nutrition in Brazil and its persistence on pastures depends on tillering capacity. To guarantee an adequate pasture establishment, besides choosing a cultivar well adapted to environmental

conditions, it is important to seed when temperature and soil humidity are favourable to germination and initial plants development. The aim of this work was to evaluate the effect of water supply restriction on *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Staph cv. Marandu initial development. The experiment was conducted at Embrapa South-East Cattle Research Center (São Carlos, SP, Brazil). Pots were arranged within a green-house in a factorial design (3x3+1) with replicate blocks. Treatments were the combination of conditions for interruption of water supply, based on plant development (seeding, germination and initial tillering), and for return of watering, based on soil humidity (75, 50 and 25% of soil field capacity). A control treatment, with no water restriction, was additionally established. Number of tillers per plant and number of green leaves per tiller were evaluated weekly for five weeks after first tillers appeared. Plants were harvested 30 days after the last water restriction period was finished for determination of shoots, roots, stems, leaves and senescente tissues dry mass. Initial tillering was postponed when water supply was interrupted until 25% of soil field capacity humidity; plants recovered afterwards and, by the end of the experiment, there was no difference on number of tillers per plant between treatments. Dry mass of leaves, stems and roots were lower for plants of the 25%-treatment. It was concluded that initial *Brachiaria brizantha* plants development is limited when water restriction is sufficient to attain 25% of soil field capacity humidity.

Keywords: Tropical grass; Drought; Tiller; Biomass

3.1 Introdução

A escolha certa da planta forrageira para a formação da pastagem é o primeiro passo para o sucesso de sua exploração, caracterizado por proporcionar boa capacidade de suporte, desempenho animal e produtividade, além da perenidade da pastagem (GOMIDE; GOMIDE, 2007).

Todas as plantas estão sujeitas às condições de estresse, sejam estas representadas por fatores bióticos ou abióticos do meio, como ataque de insetos, competição com ervas daninhas, pastejo animal, variações em temperatura, fotoperíodo ou deficiência hídrica.

A deficiência de água no solo interfere nas relações hídricas, na fisiologia e na morfologia das plantas forrageiras a ponto de causar estresse hídrico que, conforme a magnitude, pode limitar severamente a produção de forragem e até mesmo a sobrevivência da espécie (MATTOS; GOMIDE; HUAMAN, 2005b).

O estresse hídrico se desenvolve na planta quando a taxa de transpiração excede a taxa de absorção de água na planta (BERKOWITZ, 1998), sendo que cada espécie pode responder de forma diferente para a mesma condição estressante.

Áreas de pastagens sujeitas a veranicos ou secas estacionais são comuns em quase todo o território nacional (AGRITEMPO, 2007), sendo as espécies do gênero *Brachiaria* as mais usadas no estabelecimento, na formação e recuperação de pastagens no Brasil (ZIMMER; EUCLIDES, 2000).

Poucos são os estudos envolvendo as características que conferem adaptações das gramíneas forrageiras à seca e as implicações que tal evento pode ocasionar em seu desenvolvimento, porém quando realizados utilizaram plantas já estabelecidas não sendo avaliado o feito da restrição hídrica nas fases de estabelecimento da gramínea (GUENNI; MARÍN; BARUCH, 2002; MATTOS; GOMIDE; HUAMAN, 2005a).

Objetivou-se com este trabalho avaliar as características produtivas, além do desenvolvimento da *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf cv. Marandu sob influência do déficit hídrico em diferentes estádios do período de estabelecimento da planta.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local do experimento e época de desenvolvimento

O experimento foi realizado em vasos plásticos em casa-de-vegetação na Embrapa Pecuária Sudeste, localizada em São Carlos/SP, no período de 16/01 a 10/03/2007.

No interior da casa-de-vegetação foi colocado um termômetro de máximas e mínimas temperaturas, suspenso próximo aos vasos, para coleta diária, por volta das nove horas, dos valores referentes às temperaturas máximas (referente ao dia anterior) e mínimas (referente ao dia atual) do ar durante o período experimental, sendo os valores médios (±desvio padrão) correspondentes a 40,7(±2,3); 19,8(±1,5) e 30,3(±1,3) ºC para temperaturas máxima, mínima e média, respectivamente (Figura 1).

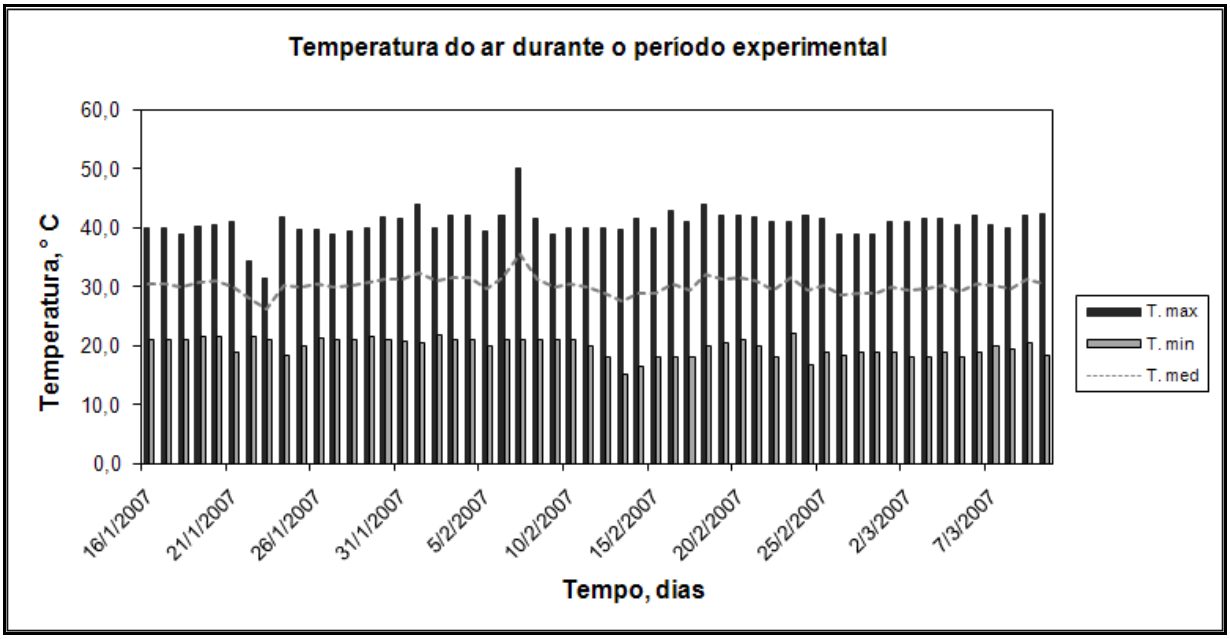

Figura 1 - Valores diários de temperatura do ar máxima (T.max), mínima (T.min) e média (T.med) do período experimental

A casa-de-vegetação era revestida com lona plástica transparente, tanto nas laterais como em sua parte superior. Em seu interior existiam quatro exaustores e uma "cortina" d'água, que tinham o objetivo de reduzir a temperatura interna; sendo estes acionados automaticamente de acordo com a temperatura do ar, sempre que esta chegava próxima a 28º C.

Os blocos experimentais foram distribuídos transversalmente a casa-de-vegetação, sendo os vasos colocados diretamente sobre o piso que era recoberto por pedras de brita (Figura 2 e 3).

Figura 2 - Foto ilustrando as unidades experimentais na casa-de-vegetação

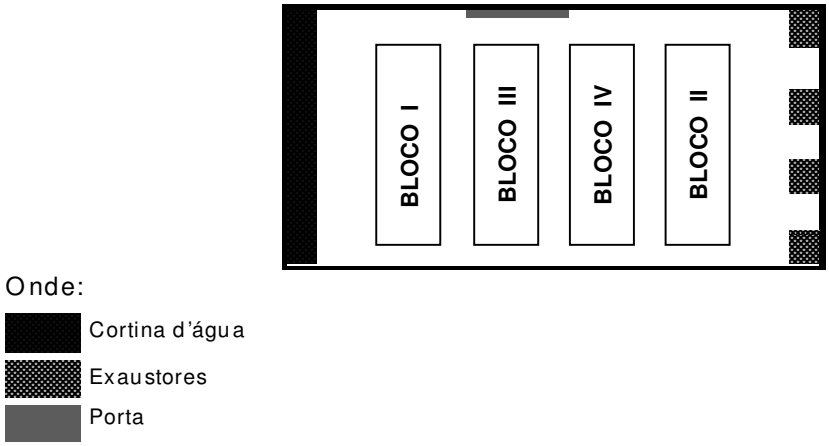

Figura 3 - Desenho esquemático da casa-de-vegetação e disposição dos blocos experimentais

3.2.2 Adubação e semeadura

O solo utilizado foi Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999), coletado (01/12/2006) até a profundidade de 0,20 m e peneirado (4 mm) posteriormente, sendo deixado na casa-de-vegetação para secagem. Após o solo seco, foi coletada uma amostra e enviada ao Laboratório de Solos da Embrapa Pecuária Sudeste para determinação da análise química (Tabela 1 e 2) e física. Os teores de areia, argila e silte foram equivalentes a 38,7; 44,4 e 16,9%; respectivamente.

Neste mesmo período realizou-se a determinação da umidade à capacidade de campo do solo (U_{CC}) utilizando-se o método gravimétrico.

Tabela 1 - Análise química da terra (macronutrientes) utilizada nos vasos plásticos, coletada de 0-0,20 m de profundidade

pH	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	S	V	M
H_2O	$CaCl_2$	g dm^{-3}	mg dm^{-3}	$mmol_c$ dm^{-3}							%	
5,8	5,0	40,0	6,0	1,1	24,0	8,0	22,0	1,0	55,0	33,0	60,0	2,0

M.O.= Matéria orgânica, P= Fósforo, K= Potássio, Ca= Cálcio, Mg= Magnésio,H+Al= Hidrogênio+Alumínio, Al= Alumínio, CTC= Capacidade de troca catiônica potencial, S= Soma de bases, V= Saturação de bases e M= Saturação de alumínio

Tabela 2 - Análise química da terra (micronutrientes) utilizada nos vasos plásticos, coletada de 0-0,20 m de profundidade

$S.SO_4$	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			mg dm^{-3}		
12	0,32	9,5	51	21,3	1,4

$S.SO_4$= Enxofre, B= Boro, Cu= Cobre, Fe=Ferro, Mn= Manganês e Zn= Zinco

Utilizaram-se vasos plásticos de cor preta com furos na parte inferior, apoiados sobre pratos plásticos. Cada vaso teve o fundo da parte interior coberto com um pedaço de tela de sombrite, sendo preenchido com 9,0 kg de solo seco e adubado posteriormente (15/01/2007).

A adubação de fundação foi realizada segundo as recomendações de Malavolta (1980), aplicando-se ao solo 0,228 g dm^{-3} de P_2O_5; 0,120 g dm^{-3} de K_2O; 11,111 g dm^{-3} de N; 0,555 mg dm^{-3} de B; 0,166 mg dm^{-3} de Cu; 0,555 mg dm^{-3} de Fe e 0,166 mg dm^{-3} de Mn, na forma de MAP, Cloreto de Potássio, Sulfato de Amônio, Ácido Bórico, Sulfato de Cobre, Fosfato Ferroso Amoniacal e Sulfato de Manganês, respectivamente.

Todos os nutrientes foram diluídos em água destilada e a solução aplicada com auxílio de uma pipeta sobre o solo contido no vaso, de forma a receberem a quantidade determinada.

Antes de semear a *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf cv. Marandu (16/01/2007), todos os vasos foram irrigados com água de torneira em quantidade suficiente para atingirem a U_{CC}. Logo em seguida foram abertas 15 covas por vaso, na profundidade de aproximadamente 1,5 cm, colocando-se uma semente por cova e recobrindo-as com solo. A partir de então, foram implantados os tratamentos do estudo.

3.2.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento utilizado foi em blocos completos casualizados com arranjo em esquema fatorial e uma testemunha (3x3+1), com quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Foram avaliados três níveis de água no solo aplicados em três estádios de desenvolvimento das plantas.

Testemunha - umidade do solo mantida constantemente próxima de 100% U_{CC} durante todo o período experimental.

Estádio do desenvolvimento da planta em que a irrigação foi suspensa.

S - suspensão da irrigação imediatamente após a semeadura;

G - suspensão da irrigação no momento em que 50% das sementes haviam germinado;

P - suspensão da irrigação no momento em que 50% das plantas dos vasos apresentavam pelo menos um perfilho primário.

Níveis de água no solo para retorno à irrigação, após um período de déficit hídrico, definidos conforme a U_{CC}.

75% - irrigação suspensa até o solo atingir 75% de U_{CC}, e posteriormente mantida como no tratamento testemunha;

50% - irrigação suspensa até o solo atingir 50% de U_{CC}, e posteriormente mantida como no tratamento testemunha;

25% - irrigação suspensa até o solo atingir 25% de U_{CC}, e posteriormente mantida como no tratamento testemunha.

Antes de a irrigação ser suspensa, todos os vasos tinham a umidade do solo mantida como no tratamento testemunha.

3.2.4 Controle da umidade do solo

O controle de umidade do solo foi realizado em duas etapas:

1) Primeira etapa: do início do experimento (16/01/2007) até o encerramento do último tratamento (25%P - 11/02/2007). Os vasos do tratamento testemunha (n=4) foram pesados diariamente e a quantidade de água a ser adicionada, nesses e nos demais vasos que não estavam em déficit hídrico, foi determinada pela diferença entre seu peso atual e o peso à capacidade de campo (P_{CC}), tal como na eq. (1).

$$A = P_{CC} - P_{Med} \quad (1)$$

Onde:

A = água a ser adicionada no vaso para o solo atingir P_{CC} (mL),

P_{CC} = peso inicial do vaso com umidade do solo à capacidade de campo (g),

P_{Med} = média do peso dos vasos testemunha, no dia da pesagem (g).

2) Segunda etapa: do encerramento do tratamento 25%P (12/02/2007) até o final do período experimental (10/03/2007). Sendo então, a referência de umidade adotada alterada para dois vasos de cada tratamento, situados em blocos diferentes. Os vasos foram pesados diariamente e a irrigação foi realizada de modo a cobrir a diferença entre o peso atual e o peso à capacidade de campo (P_{CC}), conforme a eq. (2):

$$A_i = P_{Med_i} - P_{CC} \quad (2)$$

Onde:

A_i = água a ser adicionada nos vasos do tratamento *i* para atingir o P_{CC} (mL),

P_{Med_i} = média do peso dos vasos (n=2) do tratamento *i* no dia da pesagem (g).

Durante todo o período experimental, realizou-se a pesagem individual de todos os vasos a cada sete dias, sendo adicionada água a estes em quantidade suficiente para que o solo retornasse à U_{CC}, a fim de corrigir eventuais erros experimentais.

A umidade no solo dos vasos em déficit hídrico, foi monitorada diariamente por pesagem individual dos mesmos, durante todo período de déficit hídrico.

3.2.5 Componentes do desenvolvimento e produtividade

3.2.5.1 Desbastes e marcação das plantas

Quando as plantas atingiram média de quatro folhas expandidas foi realizado um desbaste em todos os vasos, deixando-se apenas quatro plantas por unidade experimental.

Realizado o desbaste, marcaram-se duas plantas-mãe por vaso, com auxílio de fios de arame coloridos, sendo nestas realizadas as avaliações de altura de planta e número de folhas vivas, periodicamente.

3.2.5.2 Perfilhos surgidos

Logo após iniciar o perfilhamento primário das plantas, foram realizadas contagens do número de perfilhos surgidos em todas as unidades experimentais, com intervalo de sete dias entre as avaliações. Neste momento, os perfilhos surgidos foram identificados com fios de arame coloridos, a fim de evitar que estes fossem recontados como perfilhos surgidos nas avaliações seguintes. Assim que o perfilho podia ser identificado a olho nu este já entrava na contagem.

Desta forma, anotavam-se em planilhas o número de perfilhos surgidos por vaso entre uma avaliação e outra, desde o início do perfilhamento até o fim do período experimental, sendo realizadas cinco avaliações no período de 06/02 a 06/03/2007.

3.2.5.3 Altura de planta

A altura da planta foi medida com auxílio de uma régua graduada em milímetros, medindo-se a distância vertical entre o solo presente no vaso e a curvatura da última

folha expandida. As medições foram realizadas juntamente com a contagem de perfilhos surgidos.

3.2.5.4 Número de folhas vivas

As contagens dos números de folhas vivas foram realizadas juntamente com as contagens de perfilhos surgidos. A última folha expandida foi marcada a fim de facilitar as contagens futuras.

3.2.5.5 Produção e composição morfológica

A avaliação da produção de biomassa, assim como a quantificação das frações morfológicas, foi realizada aproximadamente 30 dias após o término do último tratamento aplicado (25%P).

Devido ao grande número de vasos a serem coletados e a disponibilidade de mão-de-obra momentânea, as coletas foram realizadas em dois dias (09 e 10/03/2007), sendo em cada dia efetuada a coleta de biomassa e separação morfológica das plantas presentes em dois blocos experimentais.

3.2.5.6 Parte aérea

No momento da coleta da biomassa cortou-se, ao nível do solo, toda a vegetação presente no vaso, sendo realizada a separação morfológica em folhas (lâmina foliar), colmos (colmo+bainha) e massa senescente de forma individual para cada unidade experimental.

As folhas verdes presentes nos vasos foram pesadas, sendo posteriormente retirada uma fração por amostra de, aproximadamente 30,0 g, e acondicionada em saco plástico previamente identificado e armazenada em geladeira para serem utilizadas, posteriormente, na determinação da área foliar. O restante das folhas, assim como as amostras de colmos e massa senescente, foi acondicionado em sacos de papel, identificados e deixados em estufa de ventilação forçada até peso contante em temperatura próxima a 65° C.

Para a determinação da massa seca das frações, foram considerados os pesos totais de massa verde por vaso e seus respectivos teores de umidade determinados por secagem em estufa.

3.2.5.7 Área foliar

A área foliar das sub-amostras de folhas, armazenadas em geladeira, foi determinada com auxílio do integrador de área foliar, modelo LI-3100C (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA) sendo os valores fornecidos em cm^2. Posteriormente, o valor de área foliar por sub-amostra, foi extrapolado para o total de folhas verdes por vaso.

Os valores de área foliar específica foram obtidos pela razão da área foliar total presente no vaso pela massa seca de folhas verdes totais presente no vaso.

3.2.5.8 Sistema radicular

Depois de coletada a parte aérea da forragem, realizou-se a lavagem das raízes com auxílio de jatos de água e telas de sombrite, que tinham o objetivo de retirar o solo e evitar perdas excessivas, principalmente, de raízes pequenas no momento da lavagem.

Lavadas as raízes, estas foram deixadas dentro dos respectivos vasos para o escoamento do excesso da água utilizada na lavagem. Posteriormente, as raízes foram pesadas e acondicionadas em sacos de papel previamente identificados e deixadas em estufa de ventilação forçada por 48 horas em temperatura próxima a 65° C, para posterior determinação da massa seca.

3.2.6 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância por meio do programa estatístico SAS, (2003). Utilizou-se o procedimento GLIMMIX onde os tratamentos representavam os efeitos fixos e os blocos e a interação tratamentos e blocos os efeitos aleatórios; para as variáveis medidas no tempo considerou-se a época de avaliação como efeito fixo também e as possíveis interações.

Para as variáveis que são oriundas de contagens foram consideras a distribuição de Poisson usando uma função de ligação logarítimica, com o uso da metodologia de modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972).

Todas as variáveis analisadas e apresentadas neste trabalho apresentaram homogeneidade de variância do resíduo. As médias foram comparadas ao nível de significância de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Não havendo efeito significativo de interação os fatores foram descritos e discutidos separadamente, porém quando o efeito de interação foi significativo ($P<0,05$) a mesma foi desdobrada para uma melhor descrição e avaliação da característica estudada.

Os valores apresentados foram as médias ajustadas obtidas pelo método dos quadrados mínimos.

3.3 Resultados e Discussão

Duração do período de déficit hídrico

Os períodos de restrição no fornecimento de água foram diferentes de acordo com os tratamentos, variando de 2 a 19 dias como apresentado na Figura 4.

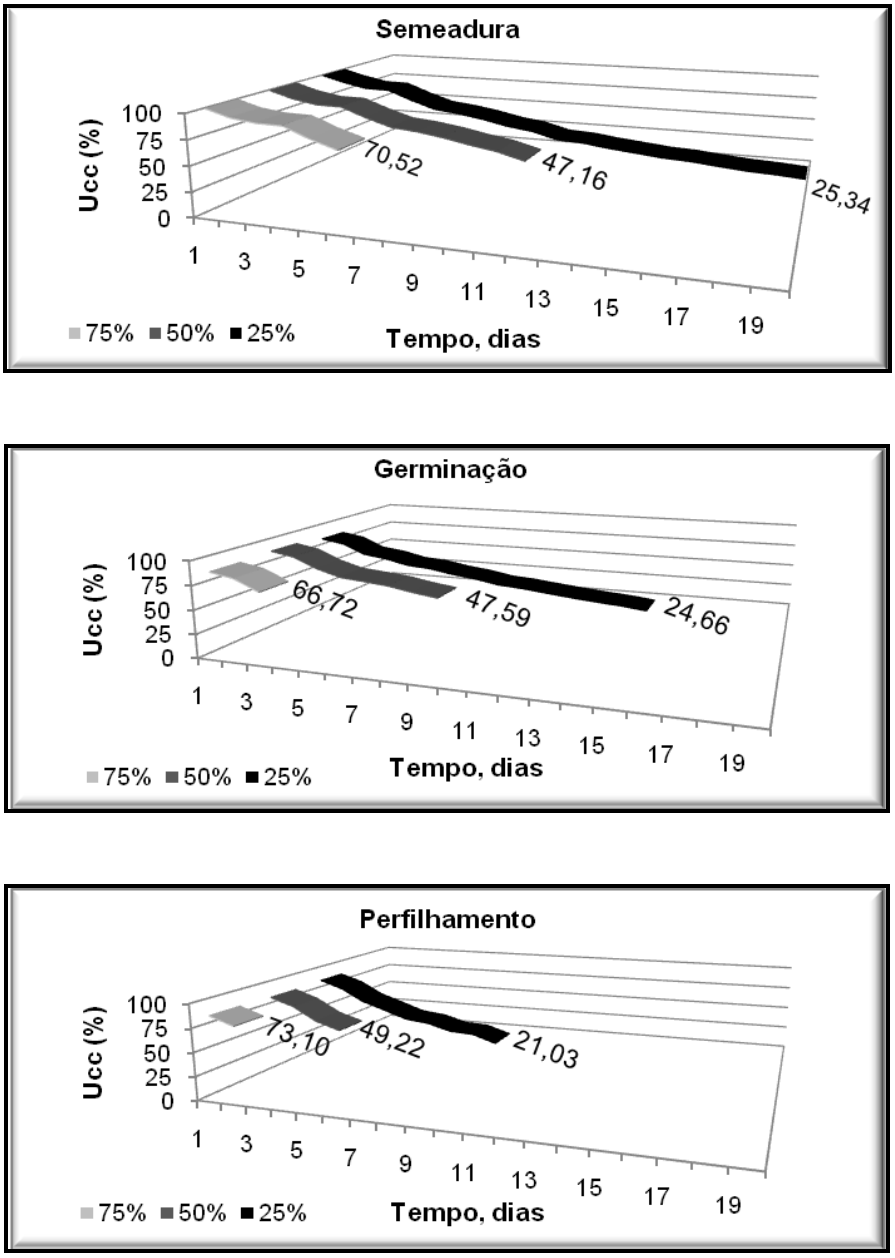

Figura 4 – Umidade do solo em relação á porcentagem da capacidade de campo (U_{CC}) durante o período de restrição hídrica, conforme os estádios de desenvolvimento da planta de capim-marandu (semeadura, germinação e perfilhamento) e dos níveis de água no solo (75, 50 e 25% da U_{CC}) determinados como meta de retorno à irrigação

Os níveis de água no solo para o retorno da irrigação, ao final do período de déficit hídrico, foram muito próximos aos valores propostos para o referido estudo. A amplitude de dias sob restrição hídrica observada para os tratamentos em estudo

ocorreu devido aos diferentes níveis de água no solo definidos como meta (75, 50 e 25% U_{CC}) e aos estádios de desenvolvimento da planta (semeadura, germinação e perfilhamento), já que durante a condução experimental a temperatura média do ar (±desvio padrão) demonstrou pouca oscilação, mantendo-se no interior da casa-de-vegetação próxima a 30,3(±1,3) ºC.

Segundo Kramer (1995), o efeito do déficit hídrico sobre a maioria das culturas varia de acordo com sua duração, intensidade e período de ocorrência no ciclo da cultura. Os resultados obtidos demonstram que a fixação de dias não deve ser adotada para estudos com déficit hídrico, pois para que uma mesma umidade no solo seja atingida diferentes períodos serão necessários, dependendo das condições climáticas e estádios de desenvolvimento da planta.

Perfilhamento e altura de plantas

O perfilhamento é um importante processo para garantir a perenidade da gramínea, onde o número e peso dos perfilhos de uma planta determinam sua produtividade (NELSON; ZARROUGH, 1981; SILSBURY, 1966).

As avaliações referentes ao número de perfilhos surgidos neste experimento, demonstraram efeitos de interação de avaliação e estádio de desenvolvimento da planta ($P<0,0001$), avaliação e nível de água no solo ($P<0,0001$) e interação de avaliação, nível de água e estádio de desenvolvimento da planta ($P<0,0001$).

O desdobramento da interação tripla demonstrou que apenas as plantas submetidas ao menor nível de água no solo, tiveram o perfilhamento afetado inicialmente (Tabela 3).

Tabela 3 - Número de perfilhos de capim-marandu surgidos por vaso, em cinco avaliações semanais, e o total acumulado durante o período, de acordo com o estádio de implantação do déficit hídrico (semeadura/S, germinação/G e perfilhamento/P) e o nível de água no solo (100 e 25% da umidade na capacidade de campo/U_{cc}). Os valores representam a média de quatro repetições. O erro padrão da média é apresentado entre parênteses

Avaliação	Tratamentos			
	100	**25S**	**25G**	**25P**
	Número de perfilhos (perfilhos vaso^{-1})			
1	11 (0,08) A	2 (0,19) B	2 (0,18) B	11 (0,08) A
2	13 (0,09) A	10 (0,10) A	7 (0,13) AB	3 (0,19) B
3	21 (0,12) A	22 (0,10) A	24 (0,10) A	24 (0,10) A
4	1 (0,63) A	4 (0,26) A	2 (0,41) A	1 (0,45) A
5	1 (0,61) A	1 (0,78) A	1 (0,55) A	1 (0,55) A
Acumulados	47 (0,05) A	40 (0,04) A	37 (0,05) A	42 (0,04) A

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si (Tukey, 5%)

Experimentos envolvendo estudos com perfilhamento de gramíneas tropicais têm sido constantemente realizados, porém esses trabalhos utilizam plantas já estabelecidas e sob influência de desfolhas (CARNEVALLI, 2003; SBRISSIA et al., 2003; SBRISSIA, 2004; UEBELE, 2002; SANTOS, 2002), condição totalmente diferente deste experimento, que utilizou plantas cultivadas em vasos durante o período de estabelecimento e sob influencia de déficit hídrico. Porém os autores desses trabalhos destacam que o período de escassez de chuvas favoreceu a redução na densidade populacional de perfilhos, quando comparado com épocas chuvosas (SBRISSIA, 2000, 2004; UEBELE, 2002).

Segundo Langer (1979) o perfilhamento de plantas forrageiras pode ser afetado por diversos fatores como disponibilidade de água, luz, temperatura e nutrientes, além do estádio de desenvolvimento da planta (reprodutivo ou vegetativo).

Considerando os estádios de desenvolvimento das plantas, os tratamentos que tiveram a irrigação suspensa na semeadura e no início da germinação, proporcionaram um menor perfilhamento inicial (1ª avaliação), em média nove perfilhos a menos que os demais tratamentos (Tabela 3).

As avaliações de contagens de perfilhos tiveram início assim que surgiram 50% dos perfilhos primários em média, sendo neste instante suspenso o fornecimento de água dos tratamentos "perfilhamento" (75%P, 50%P e 25%P). Por esse motivo, não ocorreram reduções no número de perfilhos surgidos durante a primeira avaliação para estes tratamentos, sendo que o efeito do déficit hídrico veio a refletir somente na avaliação seguinte (Avaliação 2; Tabela 3).

O menor número de perfilhos nas primeiras avaliações, devido à restrição hídrica, pode estar relacionado com a baixa disponibilidade de nitrogênio às plantas devido ao fato de o solo apresentar baixo teor de água nesse momento, já que os nutrientes são absorvidos pelo sistema radicular via solução (MALAVOLTA, 2006). Conforme Premazzi, Monteiro e Corrente (2003), solos com elevado nível de nitrogênio e sem restrição hídrica estimulam o aparecimento de novos perfilhos.

Avaliando-se o crescimento de mudas de *Paspalum urvillei* em casa-de-vegetação, cultivadas em areia lavada com solução nutritiva (Hoagland) sob influência de níveis de nitrogênio (0,5; 7,5 e 15 g N planta^{-1}) e duas condições de umidade no solo (6,4 e 5,4% de água em volume), Soares et al. (2001) verificaram que o número de perfilhos por planta foi a variável mais afetada pela interação dos tratamentos observados, onde o aumento da disponibilidade de nitrogênio não estimulou o perfilhamento das plantas quando a umidade no solo permaneceu baixa (5,4% de água em volume).

A redução inicial do perfilhamento das plantas de capim-marandu, sob influência dos tratamentos neste experimento, é um resultado importante, pois, em condições de campo, as plantas em estabelecimento estão sujeitas a competição pelos recursos locais (água, nutrientes, luz) com plantas daninhas, oriundas de bancos de sementes ou de mudas, presentes no solo, havendo competição entre elas podendo acarretar em pastagens mal formadas.

Durante o estabelecimento da *Brachiaria brizantha* há um período crítico de competição com plantas invasoras entre 15 a 41 dias após a germinação das sementes (VICTORIA FILHO et al., 2002). Caso ocorram áreas de solo descoberto durante esse período, o ambiente torna-se favorável ao estabelecimento de plantas oportunistas e indesejáveis, como as invasoras de pastagens (DIAS-FILHO, 1990, 2003).

Na condução deste experimento, apesar da redução inicial no perfilhamento com os tratamentos impostos (como discutido anteriormente), a partir da terceira avaliação não se observou diferença no número de perfilhos surgidos entre os tratamentos, resultando em iguais números de perfilhos acumulados ao final da avaliação, com média equivalente a 44 perfilhos acumulados vaso^{-1} (Tabela 3).

Este comportamento revela que a aplicação do déficit hídrico foi suficiente para reduzir o aparecimento de perfilhos, durante a escassez de água, porém não foi o bastante para afetar o número de perfilhos acumulados. Houve um atraso no perfilhamento inicial das plantas, sendo este restabelecido posteriormente com o fornecimento de água, e a partir de então o perfilhamento demonstrou um comportamento normal até atingir uma estabilização.

Gomide e Gomide (2000) estudando as características morfogênicas de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. (cultivares Mombaça, Tanzânia, Vencedor e Centenário) durante o período de estabelecimento e sem restrição hídrica, observaram que o perfilhamento se estendeu até 22 dias após a emergência das plantas, sendo que a partir de então o número de perfilhos acumulados permaneceu constante.

Comportamento semelhante foi observado e relatado por Corsi (1984) em plantas forrageiras submetidas a cortes ou desfolhas. O autor identificou uma intensa concentração na emissão de perfilhos nos primeiros oito dias após o corte em *P. maximum*.

Para altura de planta, se observou efeito das épocas em que foram feitas as avaliações ($P<0,0001$), do nível de água ($P<0,0001$) e da interação entre avaliações e nível de água no solo ($P<0,0019$).

A menor altura de planta foi proporcionada pela diminuição do fornecimento hídrico (25% U_{CC}), até a quarta avaliação, sendo que na última mensuração não houve diferença entre plantas (Tabela 4). Isto causou um menor desenvolvimento inicial das

plantas submetidas ao tratamento 25% U_{CC}.

Tabela 4 - Altura de planta de capim-marandu em cinco avaliações semanais, de acordo com o nível de água no solo (100, 75, 50 e 25% da umidade na capacidade de campo/U_{CC}). Os valores da testemunha (100%U_{CC}) representam a média de quatro repetições. Os valores dos tratamentos 75, 50 e 25% U_{CC} representam a média de três estágios de desenvolvimento e quatro repetições. O erro padrão da média é apresentado entre parênteses

Avaliação	**Nível de água (%U_{CC})**			
	100	**75**	**50**	**25**
	Altura de plantas (cm)			
1	10,4 (0,57) A	11,0 (0,34) A	10,7 (0,34) A	7,5 (0,34) B
2	16,5 (0,63) A	17,4 (0,37) A	16,8 (0,37) A	11,6 (0,37) B
3	19,1 (1,20) AB	20,5 (0,73) A	20,7 (0,72) A	15,8 (0,73) B
4	20,5 (1,50) AB	22,0 (0,89) A	22,7 (0,89) A	16,9 (0,89) B
5	22,5 (1,40) A	23,1 (1,07) A	23,3 (1,08) A	17,9 (1,07) A

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si (Tukey, 5%)

Esta redução no crescimento ocasionada pelo déficit hídrico torna as plantas menos competitivas durante o período de estabelecimento de uma pastagem em campo, em comparação às plantas daninhas, cujo desenvolvimento pode não ser afetado na mesma intensidade (DIAS-FILHO, 2004).

A capacidade competitiva da planta está relacionada a uma combinação de atributos que facilitam a interceptação de recursos naturais (luz, água e nutrientes). Dentre esses atributos está a altura da planta, pois o crescimento rápido em altura favorece a competição entre plantas e ocupação do espaço (DIAS-FILHO, 2004).

Número de folhas vivas

O número de folhas vivas por perfilho não sofreu alteração com os tratamentos em questão, não havendo efeito significativo da disponibilidade de água (P=0,1824), do

estádio de desenvolvimento em que se aplicou o déficit hídrico (P=0,5918), e das interações de nível de água e estádio de desenvolvimento (P=0,2013), nível de água e avaliação (P=0,1327), estádio de desenvolvimento e avaliação (P=0,4912) e nível de água, estádio de desenvolvimento e avaliação (P=0,1929), sendo que apenas as épocas em que os número de folhas vivas foram quantificados (P<0,001) influenciaram na variação desta característica (Figura 5).

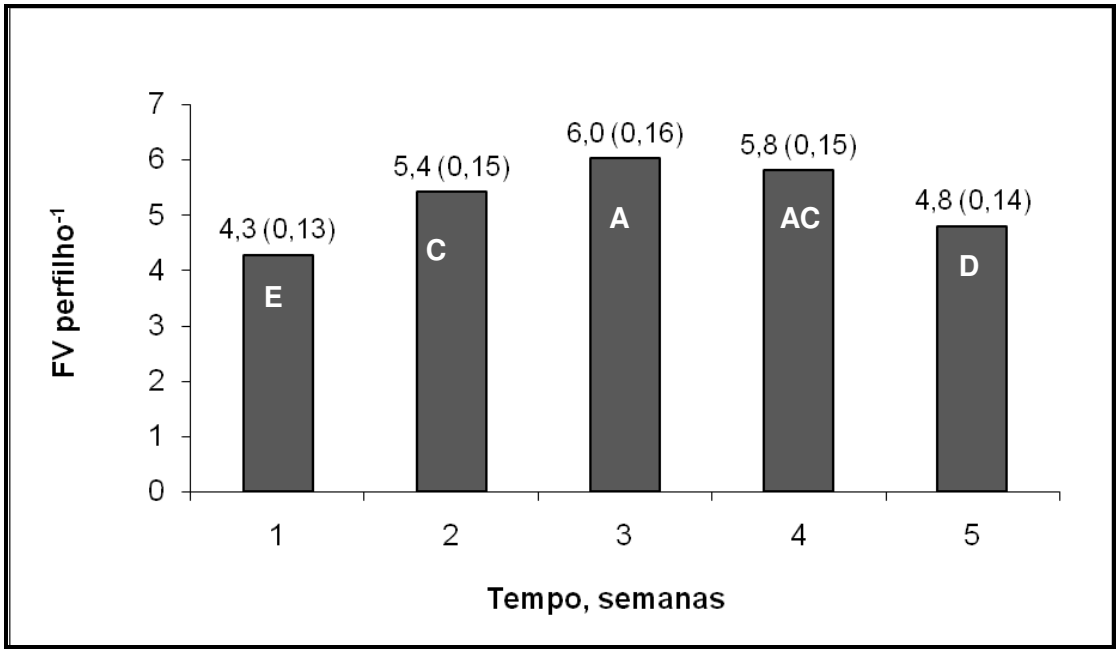

Figura 5 – Número de folhas vivas (FV) no perfilho principal de capim-marandu, em cinco avaliações semanais. Os valores representam a média de dez tratamentos e quatro repetições. O erro padrão da média é apresentado entre parênteses.
Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si (Tukey, 5%)

O efeito de avaliação observado para o número de folhas vivas por perfilho, neste experimento, é explicado pelo fato das plantas ainda estarem no período de estabelecimento e as avaliações realizadas no perfilho principal, além de que um maior número de avaliações ocorreu após o período de déficit, quando as plantas se encontravam sob condições ideais de umidade do solo.

O número de folhas vivas por perfilho é relativamente constante para plantas de um mesmo cultivar, após um período de estabilização (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996).

Estudos de morfogênese conduzidos por Gomide e Gomide (2000) com cultivares de *P. maximum*, revelaram que o número de folhas vivas por perfilho demonstrou comportamento distinto para um mesmo cultivar, durante o crescimento de estabelecimento (após a germinação) e rebrotação. Os autores relataram que o número de folhas vivas no perfilho principal durante o estabelecimento aumentou linearmente até atingir um valor máximo, aproximadamente aos 22 dias após a germinação ou o corte, decrescendo em seguida até alcançar um valor constante. Enquanto que na rebrotação o crescimento foi linear até se tornar constante.

Cunha et al. (2007) não observaram efeito dos níveis de irrigação sobre o número de folhas vivas por perfilho em *P. maximum* cv Tanzânia, quando este foi submetido a períodos de rebrotação em solo mantido com diferentes umidades (50, 75 e 100% da disponibilidade total de água no solo). Os autores justificaram os resultados afirmando que os níveis de água no solo não foram suficientes para causarem variações expressivas em tais valores, sendo a temperatura nos diferentes períodos o elemento mais eficiente na variação dessa característica.

Área foliar

A área foliar por vaso, ao final do período experimental, não foi influenciada pelos tratamentos (P=0,634 e P=0,7237 para o estádio de desenvolvimento e nível de água, respectivamente), apresentando valor médio de 5662,37 cm^2 $vaso^{-1}$. Este resultado ocorreu possivelmente pelo período de reidratação proporcionado às plantas após o déficit hídrico, que foi de aproximadamente 30 dias.

Em um experimento realizado com plantas de *Brachiaria* ssp., Mattos, Gomide e Huaman (2005b) observaram que ao final do período de déficit hídrico houve uma redução na área foliar das plantas, porém esta avaliação ocorreu sem que houvesse um período de recuperação hídrica das plantas, ou seja, foi realizado logo após o término do período de déficit hídrico.

Estudando o efeito simulado de um veranico no cultivo de híbridos de milho, Sobrado (1991) verificou que mesmo após um período de déficit hídrico as plantas recuperam seu desenvolvimento quando reidratadas por no mínimo 10 dias. Resultado semelhante foi observado por Domingues, Urchei e Rodella (1995) com Cevada

(*Hordeum vulgare* L.); os autores identificaram redução na produção de grãos e atraso no desenvolvimento das plantas, porém para as demais características anatômicas foliares não houve significância. Corroborando, Guenni, Marín e Baruch (2002) não observaram redução significativa na área foliar em plantas de *Brachiaria* ssp. após dois períodos consecutivos de déficit hídrico, provavelmente por influência de um período de reidratação das plantas ocorrido por sete dias.

Porém, avaliando-se a área foliar específica houve efeito apenas dos níveis de água (P=0,0063). Nota-se que a área foliar específica foi maior quando se elevou o nível de restrição hídrica, comparando-se os tratamentos 75 e 25% U_{CC}. (Figura 6).

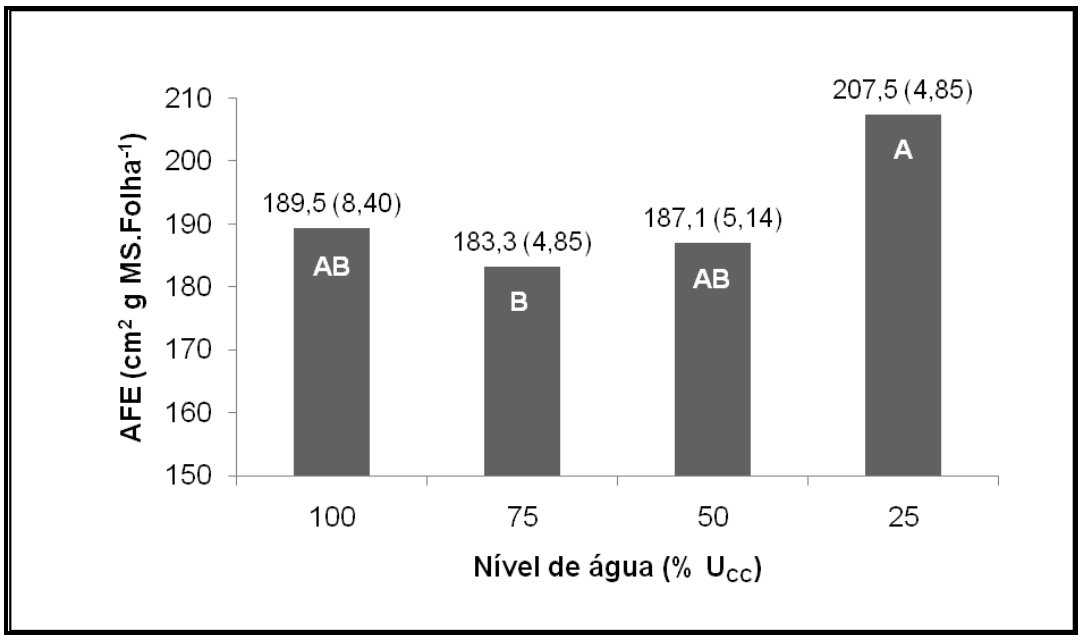

Figura 6 - Área foliar específica (AFE) de capim-marandu, de acordo com o nível de água no solo (100, 75, 50 e 25% da umidade na capacidade de campo/U_{CC}). Os valores da testemunha representam a média de quatro repetições. Os valores dos tratamentos 75, 50 e 25%U_{CC} representam a média de três estádios de desenvolvimento e quatro repetições. O erro padrão da média é apresentado entre parênteses
Médias seguidas mesma letra, não diferem entre si (Tukey, 5%)

Em plantas forrageiras crescendo sob condições de luminosidade reduzida (sombreamento), há um aumento na área foliar específica dos perfilhos (DIAS-FILHO,

2000) fazendo com que as plantas sejam mais eficientes na interceptação da luz (XU et al., 2006).

Plantas crescendo sob déficit hídrico reduzem a área foliar, diminuindo a transpiração como mecanismo de tolerância a seca, reduzindo conseqüentemente a área foliar específica (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Utilizando-se os dados de Mattos, Gomide e Huaman (2005b), pode se observar que a área foliar específica das plantas de capim-maradu, diminuiu (459,3; 424,5; 389,1; 359,1; 366,9 e 388,8 cm^2 g MS.$Folha^{-1}$), quando estas foram mantidas em diferentes teores de água no solo (0,25; 0,22; 0,20; 0,16 e 0,15 kg kg^{-1}), respectivamente, destacando-se que este trabalho foi realizado com plantas já estabelecidas, e que a respectiva avaliação ocorreu durante o período de déficit.

O maior valor de área foliar específica observado nas plantas do tratamento 25 quando comparado com o 75%U_{CC} (Figura 6), a princípio, contradiz os resultados observados em experimentos avaliando o desenvolvimento de plantas sob déficit hídrico, porém cabe ressaltar que as avaliações realizadas nestes estudos ocorreram durante o período de restrição hídrica, enquanto que no presente experimento a área foliar específica foi estimada com dados coletados 30 dias após a aplicação dos tratamentos.

Este aumento em área foliar específica para o tratamento 25% U_{CC}, após período de reidratação da planta, pode ser considerado como um mecanismo da planta para um rápido restabelecimento da área foliar e do tecido fotossinteticamente ativo.

Com a diminuição do conteúdo de água na planta, ocorre um decréscimo de volume celular que resulta em menor pressão de turgor. Por conseguinte, as atividades dependentes do turgor, como a expansão foliar, são mais sensíveis ao déficit hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2004). No entanto, podem ser rapidamente recuperadas após a reidratação das plantas, dependendo do grau do estresse hídrico (GUENNI; MARÍN; BARUCH, 2002).

Produção de biomassa

A produção total de tecido vegetal da parte aérea, assim como as frações de folhas verdes e colmos não demonstraram efeito de interação do estádio de

desenvolvimento das plantas com nível de água no solo (P=0,149; P=0,257 e P=0,2363 para massa seca da parte aérea, folhas verdes e colmos, respectivamente).

Observou-se efeito do estádio de desenvolvimento da planta em que a irrigação foi suspensa, para a massa seca de folhas verdes (P=0,0108), havendo uma redução na produção de biomassa quando foram comparados os tratamentos “semeadura” e “perfilhamento” (Tabela 5). A menor produção de biomassa no tratamento “semeadura” ocorreu, provavelmente, devido ao atraso na emissão das primeiras folhas e perfilhos, caracterizando um desenvolvimento retardado.

Tabela 5 - Produção de massa seca de folhas verdes das plantas de capim-marandu presente nos vasos, de acordo com o estádio de implantação do déficit hídrico (semeadura, germinação e perfilhamento). Os valores da testemunha representam a média de quatro repetições. Os valores dos tratamentos semeadura, germinação e perfilhamento representam a média de três níveis de umidade do solo e quatro repetições. O erro padrão da média é apresentado entre parênteses

Estádio	**Folha** (g vaso^{-1})
Testemunha	30,13 (0,856) ab
Semeadura	28,69 (0,494) b
Germinação	28,99 (0,494) ab
Perfilhamento	30,67 (0,494) a

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si (Tukey, 5%)

Deve-se salientar que a maior parte dos trabalhos realizados com plantas forrageiras sob déficit hídrico são conduzidos com plantas já estabelecidas, (GUENNI; MARÍN; BARUCH, 2002; GUENNI; BARUCH; MARÍN, 2004; GUENNI et al., 2006; MATTOS; GOMIDE; HUAMAN, 2005ab), diferente das condições realizadas neste experimento, em que as plantas foram submetidas ao déficit hídrico a partir da semeadura.

A redução do nível de água no solo afetou negativamente a produção final de massa seca da parte aérea (P<0,0001), folhas verdes (P=0,0007) e colmos (P<0,0001) das plantas avaliadas neste experimento (Tabela 6).

Tabela 6 - Produção de massa seca de folhas verdes, colmos e parte aérea (folha+colmo) das plantas de capim-marandu presentes nos vasos, de acordo com o nível de água no solo (100, 75, 50 e 25% da umidade na capacidade de campo/U_{CC}). Os valores da testemunha representam a média de quatro repetições. Os valores dos tratamentos 75, 50 e 25% U_{CC} representam a média de três estádios de desenvolvimento e quatro repetições. O erro padrão da média é apresentado entre parênteses

Nível de água (%U_{CC})	**Folha**	**Colmo**	**Parte aérea**
	Massa seca (g $vaso^{-1}$)		
100	30,13 (0,856) ab	34,25 (1,411) a	64,38 (1,955) a
75	30,44 (0,494) a	31,93 (0,815) a	62,37 (1,129) a
50	30,22 (0,494) a	31,42 (0,815) a	61,64 (1,129) a
25	27,70 (0,494) b	26,38 (0,815) b	54,08 (1,129) b

Médias seguidas de mesma letra na coluna, para cada variável analisada, não diferem entre si (Tukey, 5%)

Resultado semelhante foi observado por Melo et al. (2003), que relataram um atraso no desenvolvimento de plantas de *B. brizantha* e *B. decumbens* quando estas foram submetidas a um baixo teor de água no solo (60% U_{CC}) durante todo crescimento de estabelecimento, reduzindo em 24% a massa seca da parte aérea quando comparado com o tratamento testemunha (80% U_{CC}).

A menor produção de massa seca da parte aérea observada no tratamento com menor nível de água no solo ocorreu em função da redução de seus componentes; folhas verdes e colmos (Tabela 6), evidenciando menor desenvolvimento destas plantas durante o estabelecimento.

O crescimento do perfilho de uma gramínea forrageira é resultado do aparecimento sucessivo de fitômeros na fase vegetativa. As folhas surgem de forma alternada, ficando suas bainhas sobrepostas, e formando o pseudo colmo (VALENTINE; MATTEHEW, 2000), até que haja a formação do colmo verdadeiro.

Durante a condução experimental nenhum perfilho atingiu a fase reprodutiva, contudo a menor produção de massa seca de folhas e colmos, sobre déficit hídrico, está associada à redução do desenvolvimento vegetativo.

Guenni, Marín e Baruch (2002) avaliaram a produção de biomassa de plantas de *Brachiaria* ssp. sob déficit hídrico no período vegetativo, observando uma redução de 23% na massa seca total das plantas de *B. brizantha* (CIAT 6780), mesmo após um período de sete dias de reidratação.

Plantas crescendo sob déficit hídrico estão sujeitas à redução na absorção de nutrientes, como o nitrogênio, que acarreta em alterações nos processos morfológicos e fisiológicos do vegetal (NORTON, 1982). Marcelino et al. (2003) quantificaram a produção de massa seca da parte aérea do capim *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 sob níveis de adubação nitrogenada (0, 45, 90, 180 e 360 kg de N ha^{-1}), associada a diferentes potenciais matriciais de água no solo (35, 60, 100 e 500 kPa), que estão associados disponibilidades de água no solo. Os autores observaram uma maior produtividade de massa seca da parte aérea no tratamento com a maior dose de adubação associada a maior umidade do solo, resultando em maior eficiência no aproveitamento do N em condições de maior umidade no solo.

O desenvolvimento das plantas forrageiras é afetado quando estas são submetidas a níveis de déficit hídrico severo (GUENNI; MARÍN; BARUCH, 2002; MATTOS; GOMIDE; HUAMAN, 2005b). Durante este período ocorre redução de área foliar, diminuindo a interceptação luminosa e capacidade fotossintética (GUENNI; BARUCH; MARÍN, 2004; GUENNI et al., 2006), pois há uma paralisação da divisão e expansão celular (HERRERO; JOHNSON, 1981; PÁEZ et al., 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004), o que vem a comprometer o alongamento e surgimento de novos tecidos interferindo no desenvolvimento da planta.

Redução no desenvolvimento vegetativo de gramíneas forrageiras durante períodos de déficit hídrico é relatada na literatura. Estudos realizados por Jones, Pena e

Carabaly (1980) verificaram uma redução de 57% na produção de biomassa de espécies do gênero *Brachiaria* (*B. brizantha*, *B. humidicola*, *B.mutica* e *B. decumbens*) no período de seca, quando comparado ao período chuvoso.

Experimento em campo avaliando as características morfológicas e produtividade de espécies de *Brachiaria* spp., conduzido por Mattos, Gomide e Huaman (2005a) em Viçosa-MG, revelaram que o potencial hídrico das lâminas foliares das cultivares foi praticamente constante, mesmo após 18 dias de déficit hídrico, o que suporta afirmações de que este gênero é inicialmente bem tolerante as condições estressantes. Porém, neste mesmo experimento, os autores observaram que a produção de massa seca total da parte aérea reduziu significativamente quando o período de déficit hídrico foi prolongado por 28 dias.

A produção de massa senescente é apresentada na Tabela 7. A análise estatística demonstrou efeito de interação de nível de água e época de desenvolvimento (P=0,0141), sendo o que o menor teor de água no solo proporcionou a menor produção de massa senescente para todos os estádios em questão.

Tabela 7 - Valores referentes a massa seca de folhas senescentes das plantas de capim-marandu presentes nos vasos, de acordo com o estádio de implantação do déficit hídrico (semeadura, germinação e perfilhamento) e o nível de água no solo (100, 75, 50 e 25% da umidade na capacidade de campo/U_{CC}). Os valores representam a média de quatro repetições. O erro padrão da média é apresentado entre parênteses

Estádio	**Nível de água (%U_{CC})**			
	100[1]	**75**	**50**	**25**
	Massa seca (g vaso^{-1})			
Testemunha[1]	6,10 (0,346) A	6,10 (0,346) ab	6,10 (0,346) a	6,10 (0,346) a
Semeadura	6,10 (0,346) A	6,38 (0,346) Aa	5,70 (0,346) Aa	2,28 (0,346) Bb
Germinação	6,10 (0,346) A	4,48 (0,346) Ab	6,05 (0,346) Aa	2,33 (0,346) Bb
Perfilhamento	6,10 (0,346) A	6,60 (0,346) Aa	6,18 (0,346) Aa	3,45 (0,346) Bb

[1] As médias do tratamento testemunha foram colocadas em todas as linhas e colunas para facilitar as comparações entre os valores

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si (Tukey, 5%)

Estes dados contradizem em grande parte as informações fornecidas pela literatura envolvendo fisiologia vegetal e déficit hídrico, as quais afirmam que a senescência é um processo resultante do déficit hídrico intenso (SANTOS; CARLESSO, 1998; SIVAKUMAR; SHAW, 1978; TAIZ; ZEIGER, 2004; WRIGHT; SMITH; MCWILLIAN, 1983), além do natural desenvolvimento da planta. Isto ocorre porque em solos com baixo teor de água, as plantas não conseguem retirar nitrogênio suficiente para suprir suas necessidades de crescimento, sendo então o nitrogênio do interior da planta retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento; entretanto, a intensidade da senescência neste contexto depende da quantidade de nitrogênio no solo, das reservas de nitrogênio na planta e da demanda de nitrogênio dos pontos de crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2004; WOLFE et al., 1988).

Um suporte para explicação dos dados de massa senescente encontrado neste experimento é que a aplicação do déficit hídrico (25% U_{CC}) causou uma redução no desenvolvimento das plantas e retardou a formação de novas folhas. Isto não ocorreu nos demais tratamentos, que se desenvolveram normalmente durante o período de estabelecimento.

Andrade et al. (2005) observaram maior taxa de senescência foliar em plantas de *Pennisetum purpureum Schum*. cv Napier submetidas à rebrotação sob suplementação hídrica constante (irrigação), quando comparadas às não irrigadas. Os autores justificaram este acontecimento pelo desenvolvimento mais acelerado das plantas irrigadas. Conseqüentemente, estas plantas estabilizaram mais rapidamente o número de folhas vivas por perfilho, e a partir de então o processo de senescência foi mais acelerado.

Um experimento em campo apresentado por Mattos, Gomide e Huaman (2005a), demonstrou que, independente das espécies de *Brachiaria* ssp. em estudo, ocorreram perdas de massa seca aérea por senescência da ordem de 88,1%.Esse resultado foi reflexo da maior intensidade do déficit hídrico ocorrido na condução do experimento, além de não haver um período de reidratação das plantas após o período de déficit hídrico, que possivelmente proporcionaria uma recuperação da gramínea e maior formação de tecido verde.

Quando se avaliou o efeito do déficit hídrico sobre a produção de massa seca do sistema radicular, não se observou efeito significativo com os estádios de desenvolvimento das plantas (P=0,5373), sendo que os níveis de água no solo foram os fatores que influenciaram (P=0,0247) na redução desta característica, comparando-se o tratamento 100 com o 25% U_{CC} (Tabela 8).

Tabela 8 - Produção de massa seca de raízes das plantas de capim-marandu presentes nos vasos, de acordo com o nível de água no solo (100, 75, 50 e 25% da umidade na capacidade de campo/U_{cc}). Os valores da testemunha representam a média de quatro repetições. Os valores dos tratamentos 75, 50 e 25% U_{cc} representam a médias de três estádios de desenvolvimento e quatro repetições. O erro padrão da média é apresentado entre parênteses

Nível de água (%U_{cc})	**Raiz** (g $vaso^{-1}$)
100	50,43 (3,994) a
75	41,52 (2,306) ab
50	44,27 (2,306) a
25	35,00 (2,306) b

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si (Tukey, 5%)

A redução observada na produção de biomassa das plantas de capim-marandu, sob déficit hídrico de 25% U_{cc}, confirma uma redução no desenvolvimento das plantas durante o período de estabelecimento, pois como discutido até o momento, o déficit hídrico afetou a produção do tecido vegetal como um todo e não apenas em uma parte específica da planta, ocorrendo redução da parte aérea e do sistema radicular proporcionalmente (Figura 7).

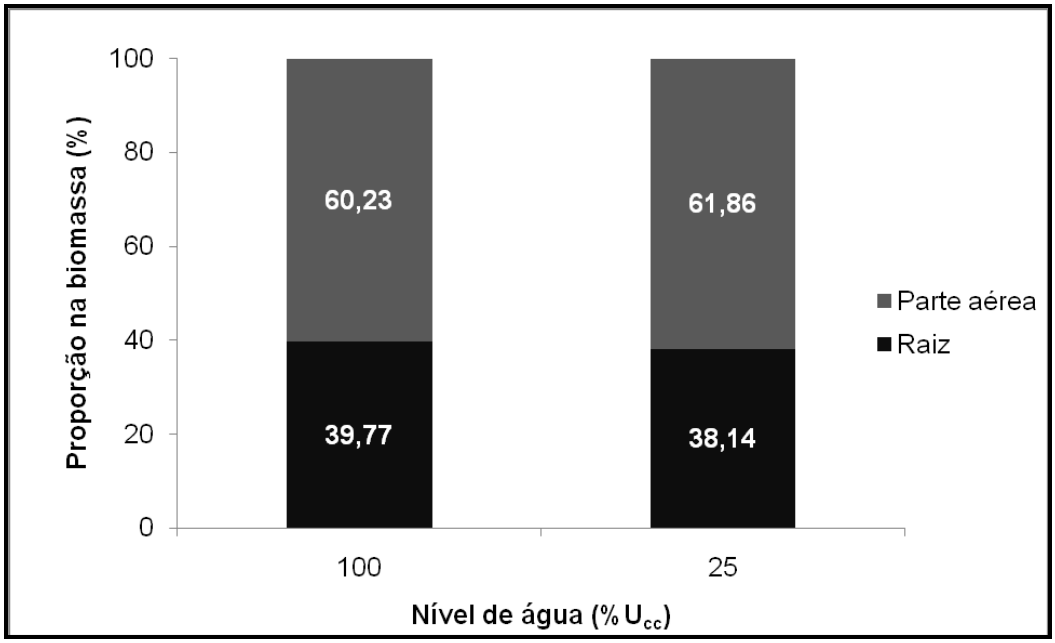

Figura 7 – Proporção da parte aérea (folhas+colmo+senescente) e de raízes na biomassa de plantas do capim-marandu presentes em um vaso, de acordo com o nível de água no solo (100 e 25% da umidade na capacidade de campo/U_{cc}). Os valores da testemunha representam a média de quatro repetições. Os valores do tratamento 25% U_{cc} representam a médias de três estádios de desenvolvimento e quatro repetições

A Figura 7 mostra que, proporcionalmente, as produções de tecido da parte aérea (folha+colmo+senescente) e do sistema radicular foram semelhantes nos tratamentos 100 e 25% U_{cc}, apesar das plantas submetidas ao menor teor de água nos solo produzirem menos biomassa total, como exposto anteriormente.

3.4 Conclusões

O déficit hídrico imposto no momento da semeadura e da germinação das plantas de capim-marandu proporciona um atraso no perfilhamento inicial das plantas.

Independente do estádio de desenvolvimento do capim-marandu em que o déficit hídrico é imposto, há redução no desenvolvimento das plantas quando o nível de água no solo é equivalente a 25% U_{cc}, ocasionando redução na produção final de massa seca de folhas, colmos e raízes.

Restrições hídricas de até 50% U_{cc} no solo não prejudicam o estabelecimento de plantas de capim-marandu.

Referências

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em: <http//: www.agritempo.gov.br>. 2007. Acesso em: 20 mai. 2007.

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; LOPES, R.S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CECON, P.R.; QUEIROZ, D.S.; PEREIRA, D.H.; REIS, S.T. Características morfogênicas e estruturais do capim-elefante "Napier" adubado e irrigado. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 150-159, 2005.

BERKOWITZ, G.A. Water and salt stress. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). **Photosynthesis:** comprehensive treatise. Cambridge: Cambridge University, 1998. 226-237 p.

CARNEVALLI, R.A. **Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente.** 2003. 136p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter productivity, tillering and quality of tropical grass *Panicum maximum* Jacq.** 1984. 125p.. Thesis (Ph.D.) - Ohio State University, Wooster, 1984.

CUNHA, F. F.; SOARES, A.A.; PEREIRA, O.G.; LAMBERTUCCI, D.M.; ABREU F.V.S. Características morfogênicas e perfilhamento do *Panicum maximum* jacq. cv. Tanzânia irrigado. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 628-635, 2007.

DIAS-FILHO, M.B. **Plantas invasoras em pastagens cultivadas da Amazônia:** estratégias de manejo e controle. Belém: EMBRAPA, CPATU, 1990. 103 p. (EMBRAPA. CPATU. Documentos, 52).

_____. Growth and biomass alocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, 2000.

_____. **Degradação de pastagens:** processos, causas e estratégias de recuperação. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 152 p.

_____. Competição e sucessão vegetal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. Viçosa: UFV, 2004. p. 251-287.

DOMINGUES, M.C.S.; URCHEI, M.A.; RODELLA, R.A. Anatomia quantitativa da folha de cevada (*Hordeum vulgare* L.) submetida a déficit hídrico. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 70, n. 3, p. 269-276, 1995.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 1999. 412 p.

GUENNI, O.; BARUCH, Z.; MARÍN, D. Responses to drought of five *Brachiaria* species. II. Water relations and leaf gas exchange. **Plant and Soil**, The Hague, v. 258, p. 249-260, 2004.

GUENNI, O.; MARÍN, D.; BARUCH, Z. Responses to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. **Plant and Soil**, The Hague, v. 243, p. 229-241, 2002.

GUENNI, O.; GIL, J.L.; BARUCH, Z.; MÁRQUEZ, L.; NÚÑEZ, C. Respuestas al déficit hídrico em especies forrajeras de *Brachiaria* (Trin.) griseb. (Poaceae). **Interciencia**, Caracas, v. 31, n. 7, p. 505-511, 2006.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Morfogênese de Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Escolha da forrageira para a formação da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 24., 2007, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 2007. p. 7-38.

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

JONES, C.A.; PENA, D; CARABALY, A. Effects of plant water potential, leaf diffusive resistance, rooting density and water use on the dry matter production of several tropical grasses during short periods of drought stress. **Tropical Agriculture**,London, v. 57, n. 3, p. 211-219, 1980.

KRAMER, P.J. **Plant and soil water relationships**: a modern synthesis. New Delhi: Mc-Graw-hill, 1995. 482 p.
LEMAIRE, G.; CHAMPMAN, D. Tissue flows in grazend plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS A.W (Ed.). **The ecology and management of grazing systems**. London: CAB International, 1996. chap. 1, p. 3-36.

LANGER, R.H.M. Tillering. In: LANGER, R.H.M. (Ed). **How grasses grow.** London: Edward Arnold, 1979. chap. 5, p. 19-25.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 280p.

_____. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

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

MATTOS, J.L.S.; GOMIDE, J.A.; HUAMAN, C.A.M. Crescimento de espécies de *Brachiaria* sob déficit hídrico e alagamento a campo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 755-764, 2005a.

_____. Crescimento de espécies do gênero *Brachiaria,* sob déficit hídrico, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 746-754, 2005b.

MELO, S.P.; KORNDÖRFER, G.H.; KORNDÖRFER, C.M.; LANA, R.M.Q.; SANTANA, D.G. Silicon accumulation and water deficit tolerance in *Brachiaria* grasses. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 755-759, 2003.

NELDER, J. A.; R. WEDDERBURN, W. M. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series A (General), London, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.

NELSON, C.J., ZARROUGH, K.M. Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. In: WRIGTH, C.E. (Ed.). **Plant physiology and herbage production.** Hurley: British Grassland Society, 1981. p. 25-29.

NORTON, N.W. Differences between species, in forrage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.). **Nutritional limits to animal production from pastures.** Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p. 89-110.

PÁEZ, A.; GONZÁLES, M.E.; YRAUSQUÍN, X.; SALAZAR, A.; CASANOVA, A. Water stress and clipping management effects on guineagrass: I. Growth and biomass allocation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, p. 698-706, 1995.

PREMAZZI, L. M.; MONTEIRO, F. A.; CORRENTE, J. E. Perfilhamento em capim-bermuda cv. Tifton 85 em resposta a doses e ao momento de aplicação do nitrogênio após o corte. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 565-571, 2003.

SANTOS, P.M. **Controle do desenvolvimento das hastes no capim-tanzânia:** desafio. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SAS INSTITUTE. **SAS:** system for Microsoft Windows; release 9.1. Cary, 2003. 1 CD-ROM.

SBRISSIA, A.F. **Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastagens de Cynodon ssp.** 2000. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

_____. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua.** 2004. 171 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SBRISSIA, A.F.; SILVA, S.C.; MATTHEW, C.; CARVALHO, C.A.B.; CARNEVALLI, R.A.; PINTO, L.F.M.; FAGUNDES, J.L.; PEDREIRA, C.G.S. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermudagrass swards. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 1459-1468, 2003.

SILSBURY, J.H. Interrelations in the growth and development of *Lolium*. II. Tiller number and dry weight at low density. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 17, n. 6, p. 841-847, 1966.

SIVAKUMAR, M.V.K.; SHAW, R.H. Relative evaluation of water stress indicators for soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, p. 619-623, 1978.

SOARES, A.B.; ROSA, L.M.; SILVEIRA, E.O.; PONTES, L.S.; AZARINI, L.; CARVALHO, C.F.; NABINGRE, C. Água e nitrogênio como determinante do crescimento de *Paspalum urvillei*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 317-318.

SOBRADO, M.A. Aspectos fisiologicos de las respuestas de dos cultivares de maíz tropical al deficit hidrico. **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 41, n. 1, p. 23-41, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E.R. Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

UEBELE, M.C **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim-Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente.** 2002. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

VALENTINE, I.; MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. In: WHITE, J.; HODGSON, J. (Ed.). **New Zealand-pasture and crop science**, Oxford: Oxford University Press, 2000. p. 11-27.

VICTORIA FILHO, R.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M. A. A.; SANTOS, P. M.; LADEIRA, A.; SVICERO, E. F. Período crítico de interferência de plantas daninhas na implantação de pastagens de *Brachiaria brizantha*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2002, Gramado. **Resumos ...** Gramado: SBCPD, 2002. p. 95.

WOLFE, D.W.; HENDERSON, D.W.; HSIAO, T.C.; ALVINO, A.L. 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.

WRIGHT, G.C.; SMITH, R.G.; MCWILLIAM, J.R. differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. I. Crop growth rate and yield response. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 34, p. 615-626, 1983.

XU, B.; LI, F.; SHAN, L.; MA, Y.; ICHIZEN, N.; HUANG, J. Gas exchange, biomass partition, and water relationships of three grass seedlings under water stress. **Weed Biology and Management**, Kyoto, v. 6, n. 2, p. 79-88, 2006.

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES, V.P.B. Importância das pastagens para o futuro da pecuária de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 1., 2000, Lavras. **Anais ...** Lavras: UFLA, 2000. p. 1-49.

4 DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE MILHO E CAPIM-MARANDU CONSORCIADAS, SOB DÉFICIT HÍDRICO

Resumo

O setor agropecuário é fortemente afetado pelos fatores climáticos, principalmente as atividades que dependem diretamente das chuvas, como grande parte das lavouras e pastagens. Veranicos têm ocorrido com freqüência em todo o território nacional e, dependendo da época de desenvolvimento da cultura anual, podem ocasionar grandes perdas na produtividade. Áreas de pastagens também podem ser afetadas pela deficiência hídrica, principalmente quando tal evento ocorre no período de formação da pastagem. Técnicas como os cultivos consorciados têm sido empregadas com êxito na implantação ou recuperação de pastagens no Brasil, porém são necessários mais estudos sobre as respostas das plantas às condições hídricas neste ambiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento e as características produtivas do capim-marandu em cultivo solteiro e consorciado com o milho e do milho em consórcio com o capim-marandu, sob déficit hídrico em períodos críticos do desenvolvimento das plantas. O experimento foi realizado em campo na Embrapa Pecuária Sudeste (São Carlos-SP) durante o período de 04/04 a 16/09/2007, utilizando-se um delineamento em blocos completos com esquema em parcelas sub-divididas e três repetições. Nas parcelas foram alocados os períodos de déficit hídrico e nas sub-parcelas os tipos de cultivos (capim-marandu solteiro ou consorciado). A irrigação foi suspensa em dois estádios de desenvolvimento do capim-marandu (geminação e início do perfilhamento) e do milho (V4 e V15) e retornada quando o teor de água no solo apresentava umidade equivalente á 25% da capacidade de armazenamento de água (CAD). A densidade populacional de perfilhos e a altura do capim-marandu foram avaliadas semanalmente. A massa seca das frações da parte aérea, assim como a área foliar das plantas, foram avaliadas no momento do pendoamento do milho e quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica. Além disso, os componentes de produção da cultura de milho foram determinados na segunda coleta. A produção da forragem só foi influenciada pelos déficits hídricos na primeira coleta, ocorrendo menor produção de massa seca de colmos e parte aérea, para as parcelas em déficit na germinação do capim-marandu e no estádio V15 do milho. A produção de massa seca das plantas de milho assim como a produtividade de grãos não foi influenciada pelos tratamentos. O déficit hídrico e a presença do milho nas parcelas com capim-marandu reduziram o perfilhamento da forrageira. A presença do milho nas parcelas de capim-marandu proporcionou uma menor produção de massa seca da parte aérea, quando comparada com o sistema em cultivo solteiro. O teor de água no solo não foi um parâmetro adequado para indicar o estresse hídrico em plantas de milho.

Palavras-chaves: *Brachiaria brizantha*; *Zea mays*; Perfilho; Integração

Abstract

Agriculture is greatly influenced by climatic conditions, mainly when non-irrigated as most of pastures and crop areas world-wide is. Water limiting periods may happens due to irregular rain distribution even on regions that experience adequate precipitation and, depending on plants stage of growth, may determine yield loss. Drought periods will also influence forage grass development, mainly during pasture establishment. Crop-livestock integrated systems have been used in Brazil for establishment and recuperation of pasture areas, but more studies are necessary to describe the influence of water availability over those plants growing together. The aim of this work was to determine the effect of limited water supply over *Brachiaria brizantha* and *Zea mays* plants development when cultivated single or on integrated systems. A field experiment was conducted at Embrapa South-east Cattle Research Center between April and September/2007. A split-plot experimental design in replicate blocks was used: periods of irrigation interruption were assigned to main plots and single (*Brachiaria brizantha*) or integrated (*Brachiaria brizantha* + *Zea mays*) cultivation systems were assigned to sub-plots. Irrigation was interrupted according to plants developmental stages: germination and initial tillering of *Brachiaria brizantha* and V4 and V15 phenological phase of *Zea mays*. For all treatments, irrigation was returned when soil humidity was 25% of its total water storage capacity. Tillers population density and height of *Brachiaria brizantha* plants were evaluated weekly. Shoot dry mass and leaf area of both *Brachiaria brizantha* and *Zea Mays* plants were evaluated when *Zea mays* plants flowered. Besides that, *Brachiaria brizantha* shoot dry mass and leaf area and corn production were evaluated at the moment of corn harvest. Dry mass of shoots and stems of *Brachiaria brizantha* was lower for the germination-treatment and the V15-treatment when evaluated immediately after the last period of stress interruption. Tillers population density and shoot dry mass of *Brachiaria brizantha* plants cultivated with *Zea mays* were lower than those of the single-treatment. Irrigation interruption did not affect corn production in the field experiment, suggesting that 25% of total soil water storage capacity was not sufficient to determine severe stress on plants in the environmental conditions of the experiment.

Keywords: *Brachiaria brizantha*; *Zea mays*; Tiller; Crop-livestock Integrated Systems

4.1 Introdução

Atualmente as pastagens cultivadas no Cerrado brasileiro ocupam uma área de aproximadamente 50 milhões de hectares, aproximadamente ¼ da área total desse bioma, dos quais cerca de 80% se encontram em algum estádio de degradação. A integração lavoura-pecuária é uma alternativa para intensificar a pecuária, aumentar a produtividade de grãos, carne e leite, recuperar áreas de pastagens em processo de degradação e evitar desmatamentos (KLUTHCOUSKI; STONE; AIDAR, 2003).

Com o crescimento simultâneo de duas culturas se criam condições de densidade elevada de plantas nesses sistemas. Isso significa forte competição pelos recursos naturais, principalmente, pela água e pela luz. Nas condições do Cerrado, essas características se tornam mais agravantes devido às peculiaridades do seu solo que, geralmente, apresenta baixa capacidade de armazenamento de água, e do seu clima, que é caracterizado por duas estações bem definidas: uma seca e outra chuvosa com alta probabilidade de ocorrência de veranicos.

Estudos realizados com milho têm relatado que este cereal possui períodos considerados críticos durante seu ciclo, onde a ocorrência de veranicos pode acarretar na redução de produtividade de grãos (MAGALHÃES; DURÃES, 2006; MATZENAUER et al., 2002). Seu rendimento é extremamente dependente da condição hídrica durante o desenvolvimento, principalmente no estádio de pendoamento-espigamento (MATZENAUER et al., 1995; BERGAMASCHI et al., 2004). Assim, qualquer aporte de água durante esse período pode ser fator determinante em seu rendimento final.

Poucos são os estudos envolvendo gramíneas forrageiras sob déficit hídrico e quando realizados utilizam plantas já estabelecidas (MATTOS; GOMIDE; HUAMAN, 2005ab; GUENNI; MARÍN; BARUCH, 2002). Sendo assim, o efeito do déficit hídrico durante o estabelecimento da planta forrageira ainda não foi bem caracterizado, assim como a existência de possíveis estádios críticos de menor tolerância a seca, como já é definido para cultura do milho.

Atualmente não existem seguro agrícola (PROAGRO) e financiamento de custeio para os sistemas de consórcios na integração lavoura-pecuária, pois os mesmos não são contemplados pelos zoneamentos agrícolas existentes (BRASIL, 2007). O conhecimento da oferta pluviométrica, assim como da variação da água no solo e as conseqüências que tais fatores podem ocasionar no desenvolvimento das culturas em consórcio, são preponderantes para o manejo eficiente e o sucesso desses sistemas. Portanto, se fazem necessários experimentos para melhor esclarecer estes fatores.

Este trabalho teve como objetivos avaliar o desenvolvimento e as características produtivas do capim-marandu em cultivo solteiro e consorciado com o milho e do milho em consórcio com o capim-marandu, sob déficit hídrico em estádios críticos.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Local do experimento e histórico climático

O experimento foi desenvolvido no campo experimental da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos/SP, no período de 04/04 a 16/09/2007.

O clima local é denominado tropical de altitude (classificação de Koeppen: Cwa), clima quente com inverno seco. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com textura média conforme Embrapa (1999). Valores diários de temperatura do ar e precipitação pluvial foram adquiridos na estação meteorológica convencional instalada nas proximidades da área experimental (21°57'42"S, 47°50'28"W e 860 m de altitude). Os valores históricos de temperaturas máxima, mínima, média do ar e a precipitação do local são de 27,1; 15,9; 21,5 °C e 1356 mm respectivamente, durante o ano (1991-2006).

Os dados mensais referentes a temperatura do ar e precipitação pluvial, durante o ano em que o experimento foi realizado, é descrito na Figura 1.

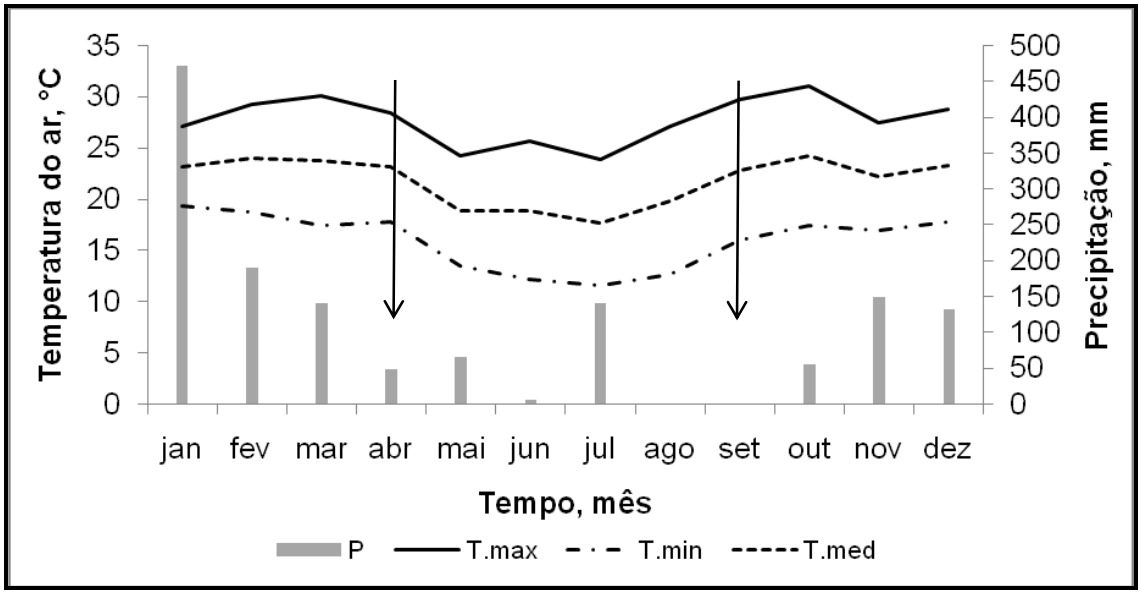

Figura 1 – Dados de temperatura mensal máxima (T.max), mínima (T.min) e média (T.med) do ar e precipitação pluvial (P) durante o ano de 2007. O período experimental é representado entre as setas

4.2.2 Preparo da área experimental

Inicialmente na área experimental predominava a pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. O preparo da área foi iniciado em novembro de 2006, quando foi aplicado o herbicida Glifosate na vegetação existente. Outras aplicações desse herbicida foram realizadas até o plantio da área, conforme o aparecimento de novas plantas invasoras.

Foram coletadas amostras de solo (15/12/2006) para realizar a correção e a adubação do solo. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Pecuária Sudeste para determinação das análises química (Tabela 1 e 2) e física. Os teores de areia, argila e silte foram equivalentes a 66,4; 31,8 e 1,8%, respectivamente.

Tabela 1 - Análise química (macronutrientes) da terra presente na área experimental

Prof.	pH	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	S	V
m	H_2O	$CaCl_2$	g dm^{-3}	mg dm^{-3}	———		$mmol_c$ dm^{-3}		———		%
0-0,20	6,6	5,5	27	8	2,5	23	13	8	57	38	68
0,20-0,40	6,3	5,3	18	5	1,6	14	7	20	42	23	54

Prof.= Profundidade, M.O.= Matéria orgânica, P= Fósforo, K= Potássio, Ca= Cálcio, Mg= Magnésio, H= Hidrogênio, Al= Alumínio, CTC= Capacidade de troca catiônica potencial, S= Soma de bases, V= Saturação de bases e M= Saturação de alumínio.

Tabela 2 - Análise química (micronutrientes) da terra presente na área experimental

Prof.	$S.SO_4$	B	Cu	Fe	Mn	Zn
m	———		mg dm^{-3}		———	
0-0,20	7	0,23	0,6	33	8,3	1,2
0,20-0,40	11	0,13	0,5	18	4,8	0,5

Prof.= Profundidade, $S.SO_4$= Enxofre orgânico, B= Boro, Cu= Cobre, Fe=Ferro, Mn= Manganês e Zn= Zinco.

Além das amostras de solo já citadas, foram coletadas amostras indeformadas de solo no dia 22/02/2007, em uma trincheira aberta na área experimental, nas camadas de solo de 0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m. As amostras foram coletadas em anéis metálicos, que foram envolvidos por filme plástico de PVC e enviados ao laboratório para a análise e obtenção da curva característica de retenção de água no solo para cada camada de solo. As curvas foram feitas pelo Laboratório de Física da Embrapa Milho e Sorgo (Tabela 3). A capacidade de campo e o ponto de murcha permanente do solo foram estimados a partir dessas curvas de retenção.

Tabela 3 – Teor de água no solo nas respectivas profundidades. Capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP). Densidade do solo= 1,38 g cm^{-3}

Profundidade (m)	CC	PMP
	—— Umidade (%) ——	
0,20	18,5	14,1
0,40	19,1	13,7
0,60	18,0	12,1

O solo presente na área experimental foi preparado de forma convencional nos meses de fevereiro e março do ano de 2007 (Figura 2).

Figura 2 - Preparo do solo experimental, após dessecação da vegetação

A área experimental foi demarcada com estacas de madeira logo após o preparo do solo, delimitando-se as parcelas e os blocos experimentais assim como o local onde seria instalado o sistema de irrigação.

4.2.3 Semeadura e adubação

A semeadura do milho e a adubação de fundação foram realizadas simultaneamente de forma mecanizada (04/04/2007). As sementes de milho foram previamente tratadas com inseticida a base de Thiodicarb.

As distâncias entre as fileiras de milho foram de 0,80 m, objetivando-se uma densidade equivalente a 62.000 plantas ha^{-1}. A quantidade de adubo aplicada por hectare em fundação foi equivalente a 15 kg de N, 100 kg P_2O_5, 50 kg K_2O e 30 kg de micronutientes na forma de uréia, superfosfato simples, cloreto de potássio e FTE BR12, respectivamente (RAIJ et al., 1996).

O capim-marandu foi semeado em linhas distanciadas a 0,27 m, sendo uma linha semeada mecanicamente ao lado da linha do milho (sementes misturadas com o adubo), e duas linhas semeadas manualmente nas entre linhas de milho (04, 05 e 06/04/2007) (Figura 3). A densidade de semeadura utilizada para a forrageira foi de aproximadamente 8,0 kg de sementes puras e viáveis por hectare.

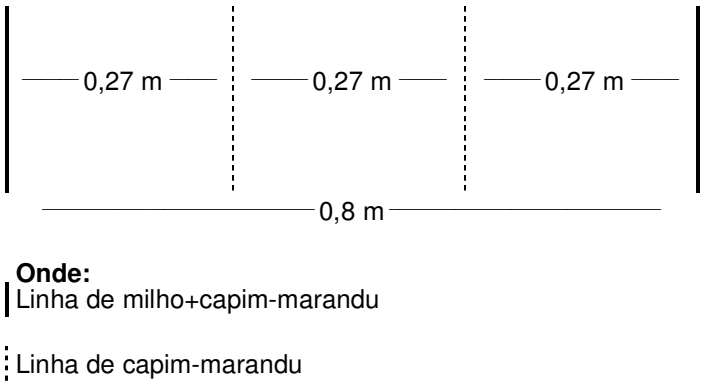

Figura 3 - Representação esquemática da semeadura em linhas, da cultura de milho e da forragem na área experimental

Quando as plantas de milho estavam com aproximadamente duas folhas expandidas se retirou todas as plantas de milho (18/04/2007) das sub-parcelas que teriam apenas capim-marandu em cultivo solteiro, ficando apenas plantas de milho nas demais sub-parcelas (sistema de consórcio).

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada utilizando-se uréia (30/05/2007) em quantidade equivalente a 70 kg N ha^{-1}. O adubo foi distribuído ao lado das linhas de milho nas sub-parcelas com cultivo consorciado e à lanço nas sub-parcelas com capim-marandu em cultivo solteiro. Após a adubação de cobertura, a área experimental foi irrigada (8 mm) com o objetivo de diminuir as perdas de nitrogênio por volatilização.

4.2.4 Controle de insetos

Um controle preventivo contra formigas cortadeiras foi realizado no dia 01/04/2007 utilizando-se formicida biológico, sendo este aplicado diretamente no formigueiro com auxilio de uma bomba costal.

Após a germinação do milho foram necessárias aplicações de inseticida (Lambdacyhalothrin) para controlar o ataque da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). A primeira aplicação foi realizada logo que foram detectadas raspas nas folhas de milho, o que ocorreu no dia 20/04/2007 quando as plantas possuíam cerca de três folhas expandidas. Outra aplicação foi necessária devido a uma nova presença de lagarta-do-cartucho nas plantas, sendo esta aplicação realizada no dia 11/05/2007 em toda área experimental.

A aplicação do inseticida foi realizada com o auxílio de uma bomba costal de forma direcionada dentro dos cartuchos das plantas, individualmente.

4.2.5 Sistema de irrigação e manejo hídrico do solo

A vazão nos aspersores foi medida e utilizada, juntamente com a área molhada por cada aspersor, para determinar a taxa de aplicação de água (mm h^{-1}) do sistema de irrigação. O manejo da irrigação foi realizado conforme os tratamentos programados e a lâmina d´água a ser aplicada foi determinada utilizando o método EPS (RASSINI, 2002).

O sistema de irrigação foi composto por tubos de PVC do tipo engate rápido roscável, sendo montada uma linha principal de 75 mm de diâmetro, à qual foram ligadas 12 linhas laterais de 50 mm de diâmetro (tubulação com aspersores), com seis linhas para cada lado da linha principal. As linhas laterais tinham espaçamento de 12 m

entre si e 12 m entre os aspersores. Em cada linha lateral foram instalados dois aspersores de impacto de baixa pressão de serviço (20-30 mca) com dispositivo de giro setorial e raio molhado de 11 m, de modo que cada parcela pôde ser irrigada isoladamente. O sistema era composto por um total de 24 aspersores (Figura 4).

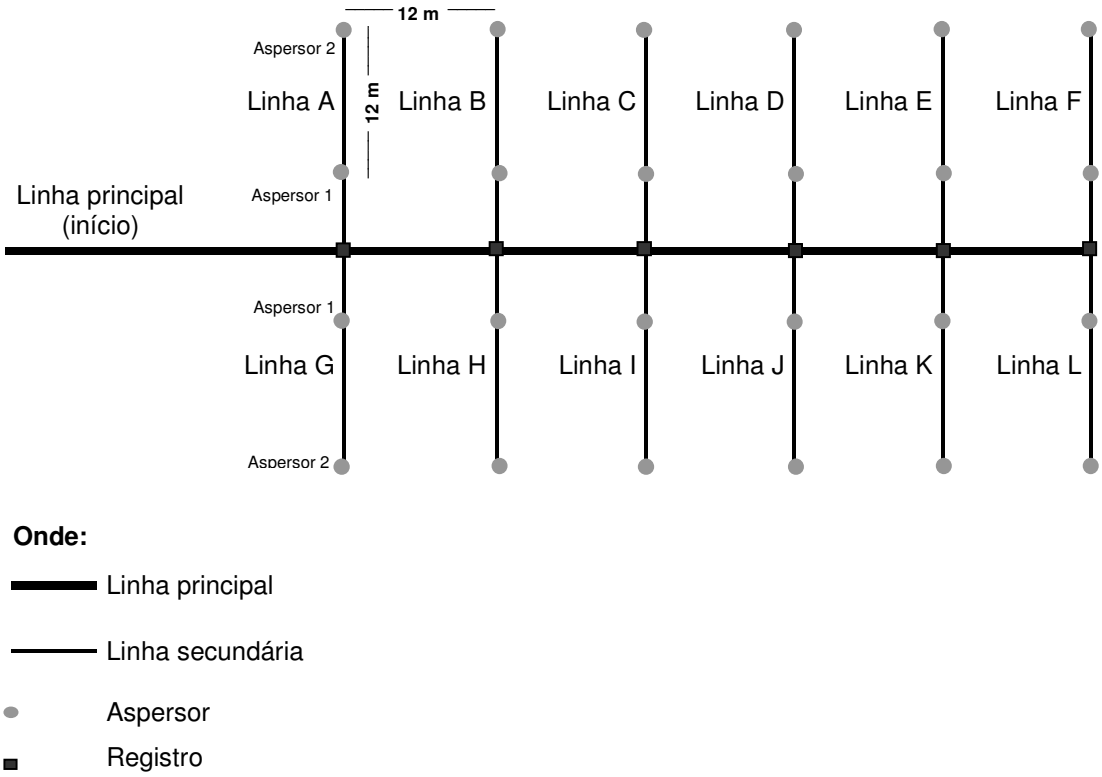

Figura 4 - Representação esquemática do sistema de irrigação sobre a área experimental

As linhas laterais foram conectadas a registros, possibilitando assim o controle sobre o fluxo de água. Um registro controlava a passagem de água por duas linhas, totalizando uma quantidade de seis registros (Figura 5).

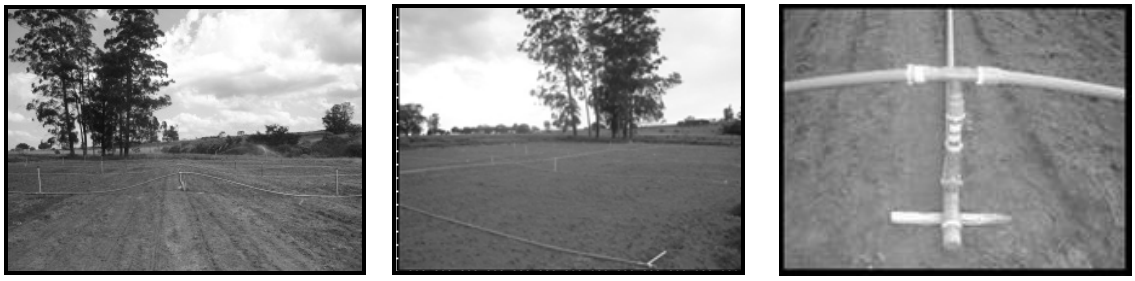

Figura 5 - Ilustração do sistema de irrigação sobre a área experimental

O sistema funcionava com quatro linhas laterais (oito aspersores) irrigando conjuntamente e a irrigação era feita em três etapas, já que o sistema era composto por 12 linhas laterais. As três etapas da irrigação eram concluídas em um mesmo dia.

4.2.6 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido num delineamento em blocos casualizados completos com arranjo em parcelas subdivididas (condições hídricas nas parcelas e culturas nas sub-parcelas) e três repetições, ocupando uma área total de 0,28 ha, incluindo a área de bordadura (3 m). As parcelas experimentais possuíam uma área total de 144 m^2 (12 m x 12 m), onde foram avaliados os efeitos do déficit hídrico (sem déficit e com déficit por interrupção da irrigação em quatro estádios críticos ao desenvolvimento das culturas do milho e do capim-marandu), em cultivo consorciado e capim-marandu solteiro, a saber:

Testemunha = sem déficit hídrico durante o período experimental (umidade do solo mantida próxima à capacidade de campo);

Capim-G = déficit hídrico a partir do início da germinação do capim solteiro,

Capim-P= déficit hídrico a partir do início do perfilhamento do capim solteiro,

Milho-4 = déficit hídrico a partir de quatro folhas completamente expandidas da cultura do milho,

Milho-P = déficit hídrico a partir de 15 folhas completamente expandidas da cultura do milho.

O perfilhamento do capim-marandu iniciou-se na mesma época em que o milho estava com quatro folhas expandidas, o que fez coincidir o momento de suspensão da irrigação dos tratamentos Capim-P e Milho-4. Portanto, se considerou as parcelas Milho-4 para avaliação da influência do déficit hídrico no estádio em que o milho estava com quatro folhas expandidas e ao mesmo tempo no início do perfilhamento do capim-marandu. Desta forma, a parcela Capim-P não foi mais utilizada durante a condução do experimento, sendo descrita apenas para identificar este tratamento.

Foram realizadas contagens do número de folhas expandidas das plantas de milho a cada dois dias. Essa contagem foi realizada em 10 plantas por sub-parcela, marcando-se cada folha expandida para facilitar a próxima avaliação. A finalidade desta avaliação foi para caracterização do estágio fenológico das plantas no período de déficit hídrico.

A suspensão do período de déficit hídrico foi realizada quando a umidade do solo correspondia a 25% da capacidade de água disponível (CAD) na camada de solo de 0-0,40 m de profundidade, para as parcelas Capim-G, Capim-P e Milho-4, e na profundidade de 0-0,60 m na parcela Milho-P (eq. 1).

$$U_{crítica_i}=[(CC__i - PMP__i)*0,25]+PMP__i \quad (1)$$

Onde:

$U_{crítica}$= umidade do solo (%) equivalente a 25% da CAD na profundidade i,

CC= umidade do solo (%) equivalente a CC na profundidade i,

PMP= umidade do solo (%) PMP na profundidade i.

A umidade crítica do solo para retorno a irrigação nos tratamentos Capim-G, Capim-P e Milho-4 foi de 15,0% e no tratamento Milho-P de 14,5%. Antes e após a implantação dos tratamentos de déficit hídrico, as parcelas eram irrigadas conforme a testemunha.

Os períodos em que as respectivas parcelas permaneceram em déficit hídrico, assim como o estádio fenológico do milho e as condições climáticas, são descritos nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Período de déficit hídrico e estádio fenológico do milho, de acordo com os tratamentos (Capim-G= irrigação suspensa no início da germinação do capim-marandu; Capim-P= irrigação suspensa no inicio do perfilhamento do capim-marandu; Milho-4= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 4 folhas expandidas e Milho-P= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 15 folhas expandidas). V_n= número de folhas expandidas e VT= pendoamento

Tratamentos	Déficit hídrico			
	Início		Fim	
	Data	Fenologia	Data	Fenologia
Capim-G	17/04	V2	02/05	V6
Capim-P Milho-4	27/04	V4	21/05	V9
Milho-P	15/06	V15	01/07	VT*

*100% das plantas e milho com pendão

Tabela 5 - Condições climáticas médias durante o período de déficit hídrico (Temperaturas máxima/T.max, mínima/T.min e média/T.med do ar e precipitação/P) de acordo com os tratamentos (Capim-G= irrigação suspensa no início da germinação do capim-marandu; Capim-P= irrigação suspensa no inicio do perfilhamento do capim-marandu; Milho-4= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 4 folhas expandidas e Milho-P= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 15 folhas expandidas). V_n= número de folhas expandidas e VT= pendoamento

Tratamentos	Condições climáticas			
	T.Max	T.Min	T.Med	P
	(°C)			(mm)
Capim-G	27,42	16,75	22,08	39,6
Capim-P Milho-4	26,07	14,87	20,48	3,0
Milho-P	25,99	12,62	19,30	0,0

As sub-parcelas tinham uma área total de 72 m^2 (12 m x 6 m) e área útil equivalente a 16 m^2 (4 m x 4 m). Nestas foram alocados os sistemas de cultivos, sendo representados pelo consórcio de milho (*Zea mays* L.) Pioneer Híbrido simples 30S40 com o capim-marandu [*Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf cv. Marandu] e o cultivo solteiro da forrageira.

4.2.7 Aplicação do déficit hídrico

Umidade do solo

O teor de água no solo das sub-parcelas, no período de déficit hídrico em questão, foi determinado por meio do método gravimétrico e as amostras secas em forno de microondas, conforme Souza; Nogueira e Rassini (2002).

Inicialmente foram feitas amostragens com intervalo de dois dias. A partir do dia 27/04/2007 esse intervalo passou para quatro dias, com o objetivo de diminuir o pisoteio nas parcelas e o excesso de buracos de amostragem de solo, além da melhor utilização da mão-de-obra existente.

O solo foi coletado com uma sonda cilíndrica (profundidades conforme os tratamentos) e homogeneizado em um saco plástico e posteriormente armazenado em um recipiente com tampa previamente identificada, coletando-se um ponto para cada profundidade. As coletas foram realizadas em cada sub-parcela do tratamento que estava em déficit hídrico.

A umidade atual do solo foi calculada com a seguinte equação:

$$U_a = \frac{(P_1 - P_2)}{P_2} \cdot 100 \qquad (2)$$

Onde:

U_a = umidade atual do solo (%),
P_1= peso de solo úmido (g),
P_2= peso de solo seco (g).

Período de déficit hídrico

Foram montadas estufas sobre as parcelas em déficit hídrico, para evitar que a ocorrência de chuvas interrompesse o período de déficit e interferisse na umidade do solo (Figura 6).

Figura 6 - Montagem das estufas sobre as parcelas em déficit hídrico

As estufas foram confeccionadas com tubos de PVC, filme plástico transparente para estufa e pilares de concreto para sustentação, possuindo dimensões de 12 m x 6 m (72 m^2), com vão livre de 2,70 m no ponto mais alto.

Para evitar as altas temperaturas no interior das estufas, o filme plástico era levantado lateralmente permitindo a circulação do ar e abaixado apenas quando ocorriam ventos fortes e/ou chuva. A probabilidade de ocorrência de chuvas foi monitorada por meio do modelo ETA de cinco dias, do sistema de previsão do tempo (CPTEC, 2007).

No dia 26/04/2007 ocorreram ventos fortes associados à chuva no local experimental, proporcionando a queda das lonas plásticas das estufas que cobriam as parcelas de Capim-G, em dois blocos, porém deu-se continuidade a meta de umidade pré-determinada como parâmetro para retorno a irrigação que ocorreu no dia 2/05/2007, quando a umidade foi equivalente a 14,44%. A partir de então, as estufas foram montadas novamente de forma que os ventos e as chuvas seguintes não vieram a interferir na estrutura.

Os teores de água considerados para retorno a irrigação, foram atingidos em todos os tratamentos em estudo, como é representado na Tabela 6.

Tabela 6 – Teor de água no solo ao final do período de restrição hídrica, conforme o tratamento. (Capim-G= irrigação suspensa no início da germinação do capim-marandu; Capim-P= irrigação suspensa no inicio do perfilhamento do capim-marandu; Milho-4= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 4 folhas expandidas e Milho-P= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 15 folhas expandidas). Média de três blocos

Tratamento	Solteiro	Consorciado
	Umidade (%)	
Capim-G	14,44	14,50
Capim-P e Milho-4	12,97	10,44
Milho-P	13,75	11,96

4.2.8 Coleta de dados

Os procedimentos para a coleta de dados são descritos em seguida, conforme a cultura em questão.

4.2.8.1 Capim-marandu

Número de perfilhos totais

Foram realizadas contagens do número de perfilhos do capim-marandu, tanto no sistema de cultivo solteiro como em consórcio com o milho. Para isso, foram fixados dois retângulos 0,8 m^2 (1,0 m x 0,8 m) por sub-parcela onde eram contados todos os perfilhos com pelo menos uma folha expandida.

Os retângulos foram dispostos com seu comprimento no sentido de plantio das linhas (09/05/2007) que mais representassem a área, de forma que sobrepunham três linhas de capim-marandu, como esquematizado na Figura 7.

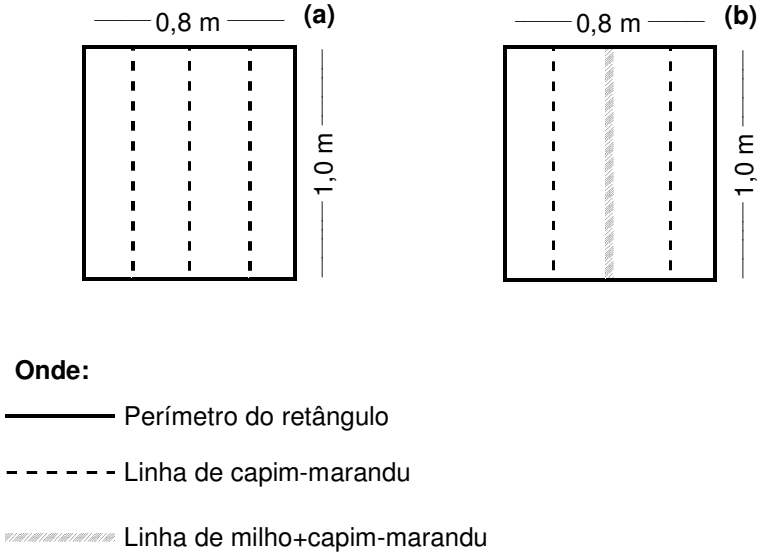

Figura 7 – Representação esquemática dos retângulos utilizados para as contagens de perfilhos do capim-marandu e sua disposição nas sub-parcelas com cultivo de capim-marandu solteiro (a) e consorciado com o milho (b)

Durante a condução do experimento foram realizadas seis contagens de perfilhos com intervalo de sete dias até a quinta avaliação e 21 dias entre a quinta e a sexta avaliação.

A freqüência de contagem de perfilhos foi definida inicialmente com intervalos de sete dias, realizando a primeira contagem no dia 18/05/2007. Porém, durante a condução do experimento, observando-se os dados até a quinta avaliação, notou-se uma estabilização no número total de perfilhos por área, em todas as parcelas avaliadas, optando-se a partir de então, por não dar continuidade às avaliações com a mesma freqüência.

Desta forma, evitou-se pisoteio excessivo e uso de mão-de-obra desnecessária na área experimental realizando-se uma última contagem no dia 06/07/2007; cinco dias após a parcela Milho-P ter saído do déficit hídrico.

Altura de plantas

No mesmo dia em que foram realizadas as contagens de perfilhos, foram feitas as medições da altura das plantas de capim-marandu, utilizando-se uma escala

graduada em milímetros, medindo-se a distância do solo até a curva da folha recentemente expandida. Em cada sub-parcela foram realizadas medições em cinco pontos que mais representassem a condição média do dossel, por avaliação.

Produção e composição morfológica

Os dados de produção foram obtidos em duas coletas. A primeira coleta foi realizada no dia 09/07/2007, ou seja, oito dias após o término do último período de déficit hídrico (Milho-P).

A segunda coleta foi realizada nos dias 14/09 (bloco I), 15/09 (bloco II) e 16/09/2007 (bloco III), ou seja, aproximadamente 75 dias após o término do último déficit hídrico (Milho-P), no momento da coleta dos grãos de milho (maturação fisiológica).

Os procedimentos de coleta, separação morfológica, determinação da massa seca, índice de área foliar e área foliar específica foram os mesmos em ambas as coletas. O material senescente na primeira avaliação apresentou quantidades muito pequenas, sendo esta fração morfológica quantificada apenas na avaliação posterior.

Para delimitar o corte do capim-marandu se utilizou um retângulo metálico de área equivalente a 0,8 m^2 (0,1 m x 0,8 m), sendo este colocado sobre o solo (no mesmo sentido dos utilizados para as contagens de perfilhos) em uma área representativa da sub-parcela a ser coletada e a forragem cortada próxima ao solo com auxílio de uma foice.

Realizada a coleta da forragem contida no retângulo, esta era então acondicionada em um saco plástico previamente identificado e o material era posteriormente enviado ao laboratório para realização das pesagens e separações morfológicas.

Primeiramente, pesou-se de forma individual todas as amostras de forragens verdes coletadas em 0,8 m^2 e, posteriormente, se retirou sub-amostras de, aproximadamente, 0,300 kg que foram destinadas à separação morfológica em folhas (altura da lígula), colmos (colmo+bainha) e material senescente (folha com mais 50% de tecido senescente).

Realizada a separação morfológica, os respectivos pesos das frações verdes eram obtidos em balança de precisão e colocados dentro de sacos de papel identificados; deixadas em estufa de ventilação forçada com temperatura equivalente a 65° C até peso constante e pesadas.

Por cálculo, foram estimadas as produções de massa seca das frações assim como da parte aérea (folha+colmo+senescente) da forragem (kg MS ha^{-1}).

Índice de área foliar e área foliar específica

Uma sub-amostra das lâminas foliares verdes (altura da lígula), de aproximadamente 0,100 kg, foi retirada de cada amostra para determinação da área foliar. Devido ao grande número de amostras o material foi acondicionado em saco plástico, identificado e conservado em freezer.

Depois de descongelar as lâminas foliares, sua área era determinada com auxílio do integrador de área foliar modelo LI-3100C (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA) sendo os valores fornecidos em cm^2. Como a área em que a forragem coletada era conhecida (0,8 m^{-2}), assim como o respectivo peso das folhas verdes existentes neste, foi possível determinar o índice de área foliar.

A área foliar específica (cm^2 g MS.$Folha^{-1}$) foi calculada pela razão da área foliar de lâminas verdes por sua respectiva massa seca.

4.2.8.2 Milho

As coletas de dados referentes à cultura do milho foram feitas concomitantemente às avaliações de produção do capim-marandu.

Densidade populacional

No momento das coletas, realizou-se em cada sub-parcela a contagem de plantas de milho presentes em duas linhas de três metros, e por cálculo o valor foi extrapolado para um hectare (plantas ha^{-1}).

Composição morfológica da cultura

A composição morfológica foi determinada somente na primeira coleta, coletando-se, por sub-parcela, cinco plantas de milho (consecutivas na linha) que representassem a população naquele instante. As plantas foram cortadas com auxílio de foice próximo ao nível do solo.

Cada planta teve suas frações de folhas (altura da lígula), colmos (colmo+bainha) e órgãos reprodutivos (masculino+femenino) separados e pesados, sendo uma sub-amostra de cada componente morfológico retirada para determinação da massa seca em estufa de circulação forçada, como descrito anteriormente para o capim-marandu.

Como se conhecia a densidade populacional de plantas, os valores de massa seca foram convertidos para hectare.

Índice de área foliar e área foliar específica

Uma sub-amostra das lâminas foliares verdes (altura da lígula), de aproximadamente 0,100 kg, foi retirada de cada amostra para determinação da área foliar com auxílio do integrador de área foliar modelo LI-3100C (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA). Por cálculo, a área foliar foi extrapolada para cinco plantas (coletadas).

Com a estimativa da área foliar das plantas coletadas, assim como o conhecimento da densidade de plantas de milho, foi possível determinar o índice de área foliar da cultura.

A área foliar específica (cm^2 g MS.$Folha^{-1}$) foi calculada pela razão da área foliar de lâminas verdes por sua respectiva massa seca.

Altura de planta

A altura de planta foi determinada no momento da primeira coleta, medindo-se a distância entre o solo e a parte superior do pendão de 10 plantas escolhidas aleatoriamente, sendo os valores expressos em cm.

Componentes de produção

Os componentes de produção do milho foram determinados na segunda coleta quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica.

A determinação do teor de umidade dos grãos de milho foi efetuada de acordo com as regras para análise de sementes (BRASIL, 1992) e os valores corrigidos para 13% de umidade.

Índice de espigas

Contou-se o número de espigas e plantas de milho presentes em duas linhas de três metros, sendo o índice de espiga a razão do número de espigas pelo respectivo número de plantas (espigas planta^{-1}).

Número médio de fileiras por espiga

O número de fileiras foi determinado contando-se as fileiras presentes em 10 espigas, escolhidas aleatoriamente por sub-parcela, sendo o valor médio expresso em fileiras espiga^{-1}.

Número médio de grãos por fileira

O número de grãos por fileira foi determinado contando-se os grãos (máquina contadora de grãos) presentes em 10 espigas, escolhidas aleatoriamente por sub-parcela, sendo o valor dos grãos dividido pelo número de fileiras (grãos fileira^{-1}).

Peso médio de grãos por espiga

O peso médio dos grãos por espiga foi determinado pela razão do peso de grãos pelo respectivo número de espigas (média de 10 espigas), expresso em g espiga^{-1}.

Massa de mil grãos

A massa de mil grãos foi obtida pela contagem do número de grãos e seu respectivo peso, em dez espigas, sendo os valores posteriormente convertidos para mil grãos (g 1000.grãos^{-1}).

Produtividade de grãos

A produtividade de grãos foi obtida pela coleta de espigas presentes em duas linhas de três metros, que mais representasse a condição média da sub-parcela em questão.

Após a coleta das espigas estas foram debulhadas e limpas, obtendo-se apenas os grãos de milho. Os valores foram corrigidos para 13% de umidade e convertidos para kg ha^{-1}, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$P_{13\%} = [PC*(100-U)/87] \quad (3)$$

Onde:

$P_{13\%}$= produtividade de grãos a 13% de umidade, em kg ha^{-1},

PC= produtividade de grãos no campo, em kg ha^{-1},

U= umidade dos grãos observada na colheita (%).

4.2.9 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância por meio do programa estatístico SAS, (2003).

As variáveis referentes ao capim-marandu foram analisados utilizando-se o delineamento em blocos completos casualizados com arranjo em parcelas sub-divididas, onde os estádios de déficit hídrico foram alocados nas parcelas e o sistema de cultivo nas sub-parcelas. Para as variáveis referentes ao milho utilizou-se o delineamento em blocos completos casualizados.

O número de perfilhos e altura de plantas de capim-marandu, medidas ao longo do tempo, foram analisados utilizando-se o procedimento MIXED, onde os tratamentos e as avaliações representaram os efeitos fixos e os blocos os efeitos aleatórios. Para as demais características se utilizou o procedimento GLM.

Todas as variáveis analisadas e apresentadas neste trabalho apresentaram homogeneidade de variância do resíduo. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 10% de probabilidade.

Não havendo efeito significativo de interação os fatores foram descritos e discutidos separadamente, porém quando o efeito de interação foi significativo (P<0,10) a mesma foi desdobrada para uma melhor descrição e avaliação da característica estudada.

Os valores apresentados são as médias ajustadas obtidas pelo método dos quadrados mínimos.

4.3 Resultados e Discussão

Capim-marandu

O perfilhamento do capim-marandu foi influenciado pelos tratamentos. Houve efeito da interação do déficit hídrico e do sistema de cultivo (P<0,0001) e da época de avaliação e sistema de cultivo (P<0,0001).

As parcelas que tiveram a irrigação suspensa demonstraram um menor perfilhamento em ambos os cultivos, na média das avaliações (Tabela 7).

Tabela 7 - Número de perfilhos totais de capim-marandu em cada tratamento (Testemunha= sem déficit hídrico; Capim-G= irrigação suspensa no início da germinação do capim-marandu; Capim-P= irrigação suspensa no inicio do perfilhamento do capim-marandu; Milho-P= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 15 folhas expandidas), na média das avaliações, conforme o sistema de cultivo (capim-marandu em cultivo solteiro e consorciado com milho). Os valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média

Tratamentos	Cultivo	
	Solteiro	Consorciado
	Número de perfilhos (perfilhos m^{-2})	
Testemunha	683 (26,34) Aa	333 (26,34) Ba
Capim-G	557 (26,34) Ab	188 (26,34) Bb
Capim-P	490 (26,34) Ab	221 (26,34) Bb
Milho-P	505 (26,34) Ab	262 (26,34) Bab

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si (Tukey, 10%)

O déficit hídrico imposto no momento da germinação e do perfilhamento do capim-marandu, foi suficiente para que houvesse uma redução no perfilhamento da gramínea durante o período de avaliação, em ambos os sistemas de cultivos. Quando a restrição hídrica foi imposta no momento do pendoamento do milho, a densidade populacional de perfilho foi menor apenas nas parcelas em cultivo solteiro (Tabela 7).

Estudo em campo realizado com *Panicum maximum* Jacq cv Tanzânia por Cunha et al. (2007), comparando as plantas em rebrotação sob distintos níveis de água no solo (50, 75 e 100% da disponibilidade total de água no solo), relataram a ocorrência de um aumento de aproximadamente 10% no perfilhamento das plantas em solo de maior umidade, quando comparadas com as demais.

A diminuição do perfilhamento em plantas quando submetidas a algum déficit hídrico (LANGER, 1979; SOARES et al., 2001; FAGUNDES et al., 2006), ocorre especialmente pela baixa disponibilidade imediata de nutrientes (principalmente o nitrogênio) para os pontos de crescimento, que têm uma grande demanda para se desenvolverem, visto que os nutrientes são absorvido pelo sistema radicular via solução do solo (PREMAZZI; MONTEIRO; CORRENTE, 2003; TAIZ; ZEIGER, 2004).

O perfilhamento ao longo das avaliações foi distinto entre os sistemas de cultivos (Tabela 8). As parcelas de capim-marandu em cultivo solteiro demonstraram um comportamento já descrito pela literatura (CORSI, 1984; GOMIDE e GOMIDE, 2000; ANDRADE et al., 2005), sendo que o número de perfilhos aumentou até estabilizar, aos 52 dias após a germinação do capim-marandu.

Tabela 8 - Número de perfilhos totais de capim-marandu em cada avaliação (dias após a germinação do capim-marandu), conforme o sistema de cultivo (capim-marandu em cultivo solteiro e consorciado com milho). Os valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média

Avaliação	Cultivo	
	Solteiro	Consorciado
(dias)	Número de perfilhos (perfilhos m^{-2})	
31	408 (17,69) Ac	243 (17,69) Ba
38	459 (21,35) Ac	240 (21,35) Ba
45	507 (32,44) Abc	241 (32,44) Ba
52	620 (27,22) Aab	269 (27,22) Ba
49	634 (27,85) Aa	278 (27,85) Ba
80	725 (26,65) Aa	235 (26,65) Ba

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si (Tukey, 10%)

Quando se analisou o padrão de perfilhamento das plantas de capim-marandu em cultivo consorciado, não foram observadas diferenças nos números de perfilhos ao longo das avaliações, permanecendo em média 251 perfilhos m^{-2} (Tabela 8).

O perfilhamento das plantas de capim-marandu em cultivo consorciado foi inferior ao cultivo solteiro em todas as avaliações (Tabelas 8), estes resultados corroboram com os encontrados por Portes et al. (2000), que ao estudarem o crescimento da capim-marandu em consórcio com culturas anuais, relataram que o perfilhamento da forrageira apresentou comportamento distinto, comparando-se o sistema solteiro com o consorciado, demonstrando uma maior densidade de perfilhos quando não havia a presença das culturas anuais.

As plantas forrageiras que crescem em sistema consorciado estão sujeitas a um sombreamento constante, pois conforme a cultura anual se desenvolve esta vai interceptando grande parte da luz solar incidente e em conseqüência, sombreando a forrageira (TSUMANUMA, 2004). Desta forma, a luz que chega aos estratos inferiores do dossel, localizados mais próximos do solo (local onde está a maior parte de gemas), é deficiente em luz vermelha ocasionando uma redução na emissão de novos perfilhos (DEREGIBUS; SANCHEZ; CASAL, 1983). Dessa maneira, com o sombreamento o “site

filling" (proporção das gemas axilares existentes que efetivamente se transformam em novos perfilhos) é reduzido (DAVIES, 1974; SKINNER; NELSON, 1992).

O efeito do sombreamento também é observado na Tabela 9, ao se analisar os dados de altura de plantas, que demonstraram apenas efeito da interação cultivo e avaliação (P<0,0001).

Tabela 9 - Altura de média de planta de capim-marandu em cada avaliação (dias após a germinação do capim-marandu), conforme o sistema de cultivo (capim-marandu em cultivo solteiro e consorciado com milho). Os valores entre parênteses correspondem ao erro padrão da média

Avaliação	**Cultivo**	
	Solteiro	**Consorciado**
(dias)	Altura de planta (cm)	
31	13,6 (0,468) Be	21,1 (0,468) Ae
38	16,8 (0,794) Bd	33,5 (0,847) Ad
45	15,6 (0,938) Bde	37,0 (0,938) Ad
52	21,3 (0,913) Bc	45,1 (0,913) Ac
49	27,5 (1,180) Bb	59,1 (1,180) Ab
80	59,9 (1,521) Ba	75,4 (1,521) Aa

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si (Tukey, 10%)

Observaram-se incrementos na altura das plantas ao longo das avaliações, em ambos os sistemas de cultivos. Porém, as plantas que se desenvolveram em consórcio com o milho demonstraram uma maior altura durante todas as avaliações, conseqüência do sombreamento.

Avaliando-se a produção de massa seca, os déficits hídricos só influenciaram as produções na 1ª coleta, para os componentes colmo (P=0,0633) e parte aérea (P= 0,0926) do capim-marandu (Figura 8).

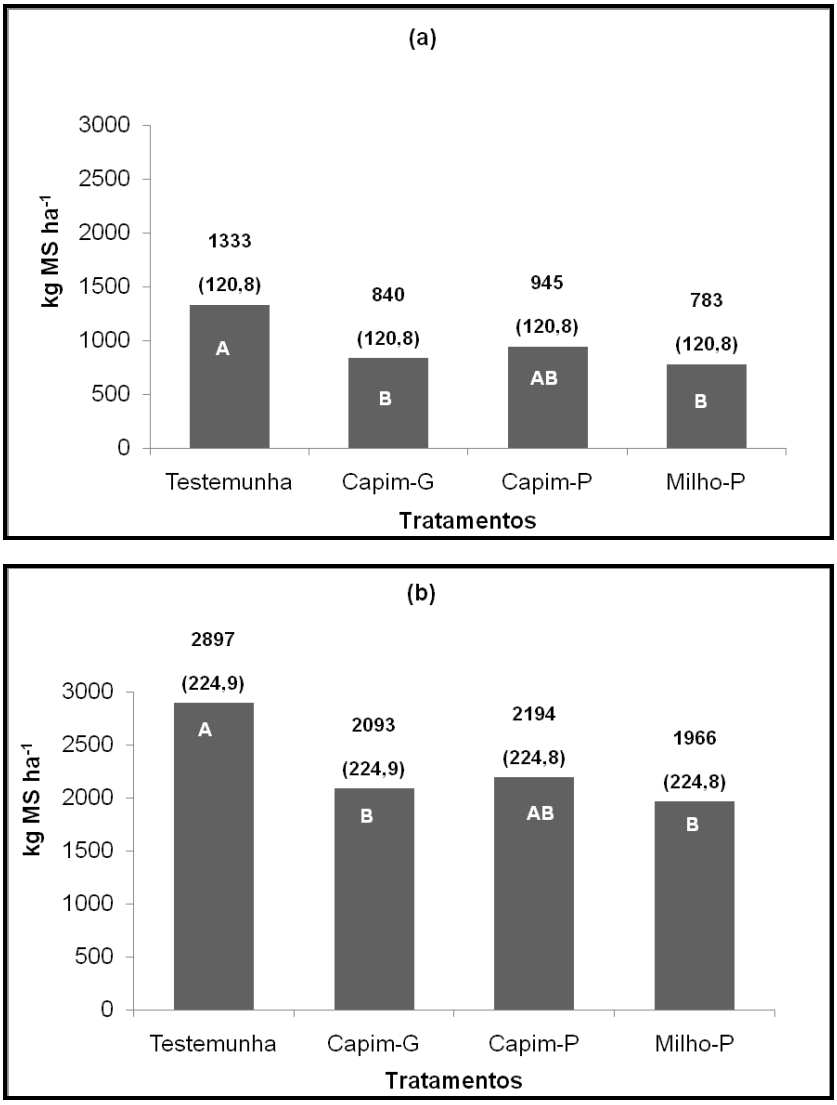

Figura 8 - Produção de massa seca (MS) de colmos (a) e da parte aérea (b) de capim-marandu, em função dos estádios em que as irrigações foram suspensas (Testemunha= sem déficit hídrico; Capim-G= irrigação suspensa no início da germinação do capim-marandu; Capim-P= irrigação suspensa no inicio do perfilhamento primário do capim-marandu; Milho-P= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 15 folhas expandidas). A coleta foi realizada 83 após a emergência do capim-marandu. Os valores fora e dentro dos parênteses correspondem à média e ao erro padrão da média, respectivamente
Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si (Tukey,10%)

Observou-se uma maior produção de massa dos componentes colmo e parte aérea total para o tratamento testemunha, quando comparado com os tratamentos

Capim-G e Capim-P, na 1ª coleta (Figura 8). Como não foram identificados efeitos na produção de folhas durante a 1ª coleta, fica evidente que as diferenças observadas na produção de massa seca da parte aérea, durante esta coleta, foi proporcionada pelo componente colmo.

Esta maior produção pode estar associada a um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas presente na parcela testemunha, durante toda condição experimental, sendo assim, apesar da mesma idade cronológica das plantas entre os tratamentos, estas se encontravam em estádios de desenvolvimento diferentes.

A disponibilidade hídrica pode explicar a maior produção de colmos para a testemunha, pois as plantas de capim-marandu desenvolvem mecanismos de competição intra-específica por luz após o período de estabelecimento, proporcionando maiores incrementos em colmos como conseqüência do seu alongamento (SBRISSIA; SILVA, 2001; PEDREIRA, 2006; LARA, 2007), o que ocorreu de forma menos intensa para os tratamentos Capim-G e Capim-P.

O elevado período de recuperação também foi suficiente para que não houvesse efeito nas características avaliadas durante a 2ª coleta, pois as plantas ficaram sob condições hídricas ideais por 136, 116 e 75 dias para os tratamentos Capim-G, Capim-P e Milho-P, respectivamente. Guenni et al. (2006), relatam que plantas de *Brachiaria* sp. podem desenvolver um sistema radicular em maiores profundidades após períodos de déficit hídrico, absorvendo água em maiores profundidades e demonstrando bom desenvolvimento posterior.

Quando se comparou os sistemas de cultivos, só não foram observados efeitos sobre área foliar específica na 2ª coleta (média de 478,6 cm^2 g $MS.Folha^{-1}$), sendo as demais características avaliadas, afetadas com a presença da cultura anual ($P<0,0001$), em ambas as coletas (Tabela 10).

Tabela 10 - Produção de massa seca (MS) de folha, colmo, material senescente, parte aérea e valores de índice de área foliar (IAF) e área foliar específica (AFE) do capim-marandu conforme o sistema de cultivo (capim-marandu em cultivo solteiro e consorciado com milho), referente a duas coletas (1ª coleta= 83 dias após a germinação do capim-marandu e 2ª coleta= 150 após a germinação do capim-marandu). Valor entre parênteses corresponde ao erro padrão da média

Variáveis	Cultivo	
	Solteiro	Consorciado
	1ª coleta	
Folha (kg ha^{-1})	2040 (87,9) A	585 (87,9) B
Colmo (kg ha^{-1})	1472 (85,4) A	478 (85,4) B
Parte aérea (kg ha^{-1})	3512 (158,9) A	1063 (158,9) B
IAF	3,8 (0,28) A	1,3 (0,28) B
AFE (cm^2 g MS.$Folha^{-1}$)	181,72 (10,05) B	228,34 (10,05) A
	2ª coleta	
Folha (kg ha^{-1})	1729 (68,8) A	459 (68,8) B
Colmo (kg ha^{-1})	3083 (181,8) A	439 (181,8) B
Senescente	910 (146,9) A	282 (146,9) B
Parte aérea (kg ha^{-1})	5722 (257,8) A	1181 (257,8) B
IAF	7,2 (0,36) A	2,1 (0,36) B

Médias seguidas de mesma letra na linha, na coleta, não diferem entre si (Tukey, 10%)

As plantas em cultivo consorciado tiveram maior área foliar específica na 1ª coleta (Tabela 10). Estes resultados corroboram com os encontrados por Dias-Filho (2000) que ao estudar o comportamento de espécies de *Brachiaria* sp. em sombreamento artificial, constatou que o capim-marandu apresentou plasticidade fenotípica quanto à captura de radiação em resposta ao sombreamento, com incremento da área foliar específica, sendo capaz de manter o crescimento mesmo com limitação luminosa.

A redução observada na massa seca da parte aérea do capim-marandu foi equivalente a 30,27 e 20,64% para a 1ª e 2ª coleta, respectivamente. A menor

produtividade de massa seca de gramíneas cultivadas em consórcio com culturas anuais já é relatada na literatura, sendo o efeito do sombreamento o principal fator para esta redução.

Corroborando, Castro et al. (1999) observaram um decréscimo na produtividade de biomassa seca de *B. decumbens* sob vários níveis de sombreamento. Portes et al. (2000), também relataram reduções no índice de área foliar assim como na produção de massa seca da parte aérea do capim-marandu, quando este foi cultivado em consórcio com cereais (milho, sorgo, milheto e arroz).

Milho

O número ideal de plantas de milho por hectare é variável, uma vez que a planta altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intra-específica, proporcionado pelas diferentes densidades de plantas.

A produtividade de grãos aumenta linearmente com o aumento da população de plantas até um ponto crítico, o qual varia entre 30.000 e 90.000 plantas ha^{-1} (SANGOI, 2001; SILVA; ARGENTA; REZERA, 1999), devido a produção de grãos permanecer constante, sendo que nesta faixa não há competição intra-específica (DOURADO NETO; FANCELLI; LOPES, 2001).

A população de plantas neste experimento não diferiu entre os tratamentos estudados, demonstrando uma densidade média equivalente a 65.712 (P=0,4126) plantas por hectare. Estes valores de densidade populacional são considerados dentro de uma faixa crítica, não havendo competição entre plantas nesta condição (DOURADO NETO; FANCELLI; LOPES, 2001).

Desta forma, para as características discutidas neste experimento, considerou-se a população existente em cada tratamento.

Os tratamentos em estudo não influenciaram na altura de plantas (276,9 cm; P=0,3792), massa seca de colmos (5841 kg MS ha^{-1}; P=0,2267), massa seca de órgãos reprodutivos (2242 kg MS ha^{-1}; P=0,2293), massa seca da parte aérea (10979 kg MS ha^{-1}; P=0,1529), índice de área foliar (4,9; P=0,4286) e área foliar específica (168,7 g MS.Folhas cm^{-2}; P=0,8372), sendo apenas as produções de massa seca de

folhas influenciadas pelos déficits hídricos (P=0,0394), como é representado na Figura 9.

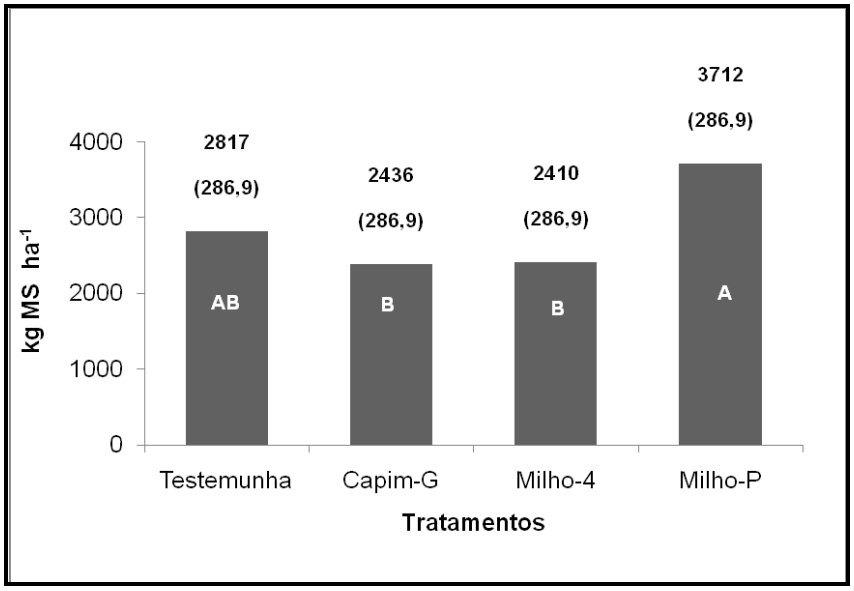

Figura 9 - Produção de massa seca (MS) de folhas de plantas de milho, em função dos estádios em que as irrigações foram suspensas (Testemunha= sem déficit hídrico; Capim-G= irrigação suspensa no início da germinação do capim-marandu; Milho-4= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 4 folhas expandidas e Milho-P= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 15 folhas expandidas). A coleta foi realizada 91 após a emergência do milho. Os valores fora e dentro dos parênteses correspondem à média e ao erro padrão da média, respectivamente.
Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si (Tukey,10%)

As diferenças observadas nas produções de folhas ocorreram entre os tratamentos Capim-G e Milho-4 quando comparados com o tratamento Milho-P, não havendo efeito dos períodos de déficit hídrico quando comparados com a testemunha.

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos para os componentes de produção peso de grãos por espiga (102,3 g; P=0,3920), peso de mil grãos (210,2 g; P=0,6010), número de grãos por espiga (485,5; P=0,1897) e número de grãos por linha (36,3; P=0,1086), assim como para produtividade de grãos (10145 kg ha^{-1}; P=0,7696). Sendo apenas os valores de índice de espiga e número de linhas por espiga os componentes afetados pelos déficits hídricos (Figuras 10).

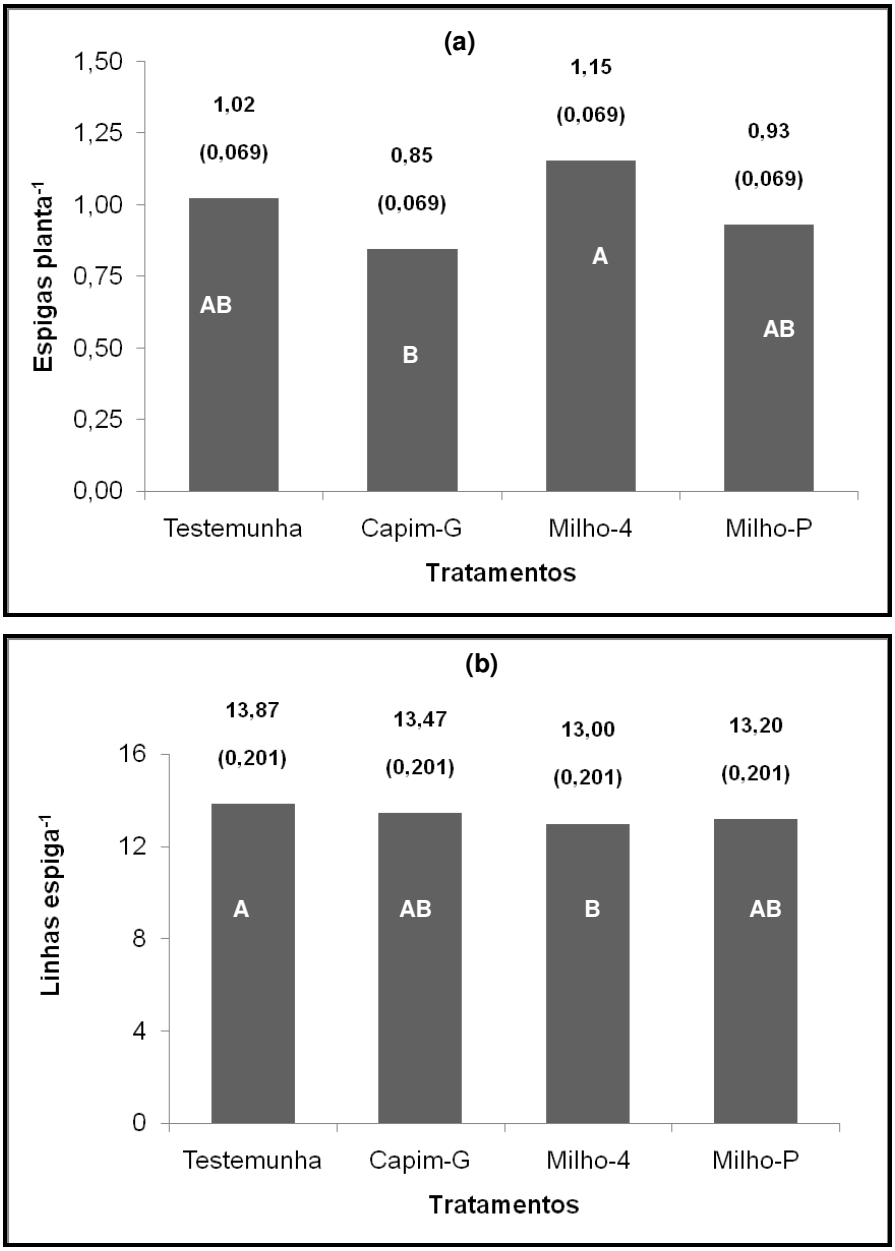

Figura 10 - Número de espigas por planta (a) e número de linhas por espigas (b), em função dos estádios em que as irrigações foram suspensas (Testemunha= sem déficit hídrico; Capim-G= irrigação suspensa no início da germinação do capim-marandu; Milho-4= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 4 folhas expandidas e Milho-P= irrigação suspensa quando as plantas de milho apresentavam média de 15 folhas expandidas). A coleta foi realizada 91 após a emergência do milho. Os valores fora e dentro dos parênteses correspondem à média e ao erro padrão da média, respectivamente

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si (Tukey, 10%)

Os resultados apresentados demonstraram que não houve efeito dos déficits hídricos quando comparado com a testemunha e que as reduções nos componentes de produção, equivalente ao número de espigas por planta, não foram suficientes para que houvesse redução na produtividade final de grãos.

Estes resultados contradizem o que é relatado na literatura, a qual afirma que o déficit hídrico em períodos críticos na cultura do milho reduz significativamente a produção de grãos (BERGAMASCHI et al., 2004; MAGALHÃES; DURÃES, 2006; MATZENAUER et al., 1995, 2002), principalmente pela redução nos componentes de produção como número de espigas por planta e número de grãos por espiga (SANTOS; CARLESSO, 1998). Porém destacam que a redução é mais expressiva quando o déficit hídrico é prolongado após o florescimento, durante o enchimento dos grãos (MATZENAUER et al., 1995).

Possivelmente a época em que este experimento foi realizado interferiu nos resultados esperados, já que as condições climáticas são mais amenas, quando comparadas com o período da safra nesta região.

A demanda hídrica do milho, como de qualquer outra cultura, é realizada para satisfazer a demanda evaporativa da atmosfera (CARLESSO, 1995), sendo função dos fatores climáticos predominantes na região, da variedade e do estádio de desenvolvimento da cultura, do tipo de solo e do sistema de irrigação adotado (ARAÚJO; SAMPAIO; MEDEIROS, 1999), sendo desta forma, variável no tempo e no espaço (CARVALHO et al., 2006).

Avaliando a produtividade de grãos de milho cultivado em lisímetro, em duas épocas de semeadura (25/9 e 15/10/2001) em Santa Maria-RS, Michelon et al. (2003) observaram que a fração de água disponível no solo durante o ciclo foi distinta entre as épocas de semeadura, fato que os autores associaram a menor demanda atmosférica quando a semeadura ocorreu no mês de setembro. O teor de água no solo, no entanto, foi suficiente para um desenvolvimento normal da cultura independente da época que a semeadura ocorreu.

Durante os períodos de déficit hídrico neste experimento, não foram observados quaisquer sinais visuais de estresses nas plantas, como folhas murchas ou enroladas (SANTOS; CARLESSO, 1999). Sendo assim, mesmo ocorrendo um período de

restrição hídrica, este provavelmente não foi suficiente para que as plantas sofressem estresse severo, reduzindo o rendimento de grãos.

Neste trabalho considerou-se o teor de água no solo como parâmetro para retornar a irrigação. Os valores críticos de umidade no solo para o desenvolvimento das culturas, no entanto, são dinâmicos e dependem do solo, época do ano e da cultura em estudo (SANTOS; CARLESSO, 1999). Desta forma, novos estudos devem ser feitos associando-se parâmetros da planta (ex. potencial hídrico das folhas) como indicativos do nível de estresse hídrico.

4.4 Conclusões

O déficit hídrico no início da germinação e do perfilhamento das plantas de capim-marandu reduz o perfilhamento do capim.

Plantas de capim-marandu estabelecidas em sistema de consórcio com o milho emitem menos perfilhos e produzem menos massa seca da parte aérea quando comparadas com plantas em cultivo solteiro.

A produção de grãos de milho não é influenciada com a redução no teor de água no solo até o nível de 25% CAD nas condições avaliadas. O teor de água no solo não é um parâmetro adequado para indicar o estresse hídrico em plantas de milho.

Referências

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; LOPES, R.S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CECON, P.R.; QUEIROZ, D.S.; PEREIRA, D.H.; REIS, S.T. Características morfogênicas e estruturais do capim-elefante “Napier” adubado e irrigado. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 150-159, 2005.

ARAÚJO, W. F.; SAMPAIO, R. A.; MEDEIROS, R. D. Irrigação e adubação nitrogenada em milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 909-914, 1999.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 1992. 365 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. 2007. Acesso em: 01 jul. 2007.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 183-188, 1995.

CARVALHO, D.F.; CRUZ, E.S.; SILVA, W. A.; SOUZA, W.J.; SOBRINHO, T.A. Demanda hídrica do milho de cultivo de inverno no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.112–118, 2006.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/prevnum/modelo_eta/Met_Eta_BR.shtml>. 2007. Acesso em: 01 fev. 2007.

CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter productivity, tillering and quality of tropical grass *Panicum maximum* Jacq.** 1984. 125p. Thesis (Ph.D.) - Ohio State University, Wooster, 1984.

CUNHA, F.F.; SOARES, A.A.; PEREIRA, O.G.; LAMBERTUCCI, D.M.; ABREU, F.V.S. Características morfogênicas e perfilhamento do *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia irrigado. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 628-635, 2007.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial yegrass. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 82, p.165-172, 1974.

DEREGIBUS, V.A.; SANCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. Effects of light quality on tiller DIAS-FILHO, M.B. Growth and biomass alocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, 1983.

DIAS-FILHO, M.B. Growth and biomass alocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, 2000.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L.; LOPES, P.P. Milho: população e distribuição de plantas. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed). **Milho:** tecnologia e produtividade. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 120-125.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, M.E.R.; LAMBERTUCCI, D.M. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 30-37, 2006.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A. Morfogênese de Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.

GUENNI, O.; MARÍN, D.; BARUCH, Z. Responses to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. **Plant and Soil**, The Hague, v. 243, p. 229-241, 2002.

GUENNI, O.; GIL, J.L.; BARUCH, Z.; MÁRQUEZ, L.; NÚÑEZ, C. Respuestas al déficit hídrico em especies forrajeras de *Brachiaria* (Trin.) griseb. (Poaceae). **Interciencia**, Caracas, v. 31, n. 7, p. 505-511, 2006.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, A. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz Feijão, 2003. 570 p.

LANGER, R.H.M. Tillering. In: LANGER, R.H.M. (Ed.). **How grasses grow.** London: Edward Arnold, 1979. chap. 5, p. 19-25.

LARA, M.A.S. **Respostas mofofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* sp às variações estacionais da temperatura do ar e do fotoperíodo.** 2007. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 76).

MATTOS, J.L.S.; GOMIDE, J.A.; HUAMAN, C.A.M. Crescimento de espécies de *Brachiaria* sob déficit hídrico e alagamento a campo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 755-764, 2005a.

MATTOS, J.L.S.; GOMIDE, J.A.; HUAMAN, C.A.M. Crescimento de espécies do gênero *Brachiaria,* sob déficit hídrico, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 746-754, 2005b.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; RIBOLDI, J. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 85-92, 1995.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MALUF, J.R.T.; BARNI, N.A.; BUENO, A.C.; DIDONE, I.A.; ANJOS, C.S.; MACHADO, F.A.; SAMPAIO, M.R. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2002. 105p. (Boletim Fepagro, 10).

MICHELON, C. J.; FIORIN, T.T.; CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; MELO, G.L.; SPOHR, R.B.. Disponibilidade de água no solo e rendimento de grãos de milho semeado em duas épocas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Solo:** alicerce dos sistemas de produção. Viçosa: SBCS, 2003. 1 CD_ROM.

PEDREIRA, B.C. **Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. Cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado.** 2006. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I.C.; OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

PREMAZZI, L. M.; MONTEIRO, F. A.; CORRENTE, J. E. Perfilhamento em capim-bermuda cv. Tifton 85 em resposta a doses e ao momento de aplicação do nitrogênio após o corte. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 565-571, 2003.

RAIJ, B. van; CATARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico; Fundação IAC, 1996. 258 p. (Boletim Técnico, 100)

RASSINI, J.B. **Irrigação de pastagens**: freqüência e quantidade de aplicação de água em latossolos de textura média. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. 7 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 31).

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p.159-168, 2001.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

_____. Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 1-6, 1999.

SAS INSTITUTE. **SAS:** system for Microsoft windows; release 9.1. Cary, 2003. 1 CD-ROM.

SBRISSIA, A.F.; Da SILVA, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2001, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 731-754.

SILVA , P.R.F.; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 585-592, 1999.

SKINNER R.H.; NELSON C.J. Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. **Annals of Botany**, Oxford, v. 70, p. 493-499,1992.

SOARES, A.B.; ROSA, L.M.; SILVEIRA, E.O.; PONTES, L.S.; AZARINI, L.; CARVALHO, C.F.; NABINGRE, C. Água e nitrogênio como determinante do crescimento de *Paspalum urvillei*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 317-318.

SOUZA, G.B.; NOGUEIRA, A.R.A; RASSINI, J.B. **Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de microondas doméstico**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. 13 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 33).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E.R. Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TSUMANUMA, G.M. **Desempenho do milho consorciado com diferentes espécies de braquiárias, em Piracicaba, SP**. 2004. 83 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.