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

**Desempenho produtivo de *Cynodon spp.* cv. Tifton 85 sob
diferentes condições de manejo da irrigação e momentos de
aplicação da adubação nitrogenada**

Marcos Antonio Correa Matos do Amaral

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2014**

Marcos Antonio Correa Matos do Amaral
Engenheiro Agrônomo

Desempenho produtivo de *Cynodon spp.* cv. Tifton 85 sob diferentes condições de manejo da irrigação e momentos de aplicação da adubação nitrogenada

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **FERNANDO CAMPOS MENDONÇA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Amaral, Marcos Antonio Correa Matos do

Desempenho produtivo de *Cynodon spp.* cv. Tifton 85 sob diferentes condições de manejo da irrigação e momentos de aplicação da adubação nitrogenada / Marcos Antonio Correa Matos do Amaral. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2014.

67 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.
Bibliografia.

1. Fator de depleção de água no solo 2. Capim Tifton 85 3. Nitrogênio 4. Forrageira
5. Pastagem I. Título

CDD 633.2
A485d

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

DEDICATÓRIA

A Deus, pelo Seu infinito amor de
Pai, e a Nossa Senhora de Nazaré,
por sua contínua intercessão.

OFEREÇO

Aos meus pais,
Marcos Antônio A. do Amaral e
Sônia Regina C. M. do Amaral.
Ao meu irmão,
Madson Anderson C. M. do Amaral.
E aos meus avós,
Deodato Marques de Matos (*in memorian*),
Maria do Carmo Corrêa de Matos (*in memorian*),
Paulo Erzon do Amaral (*in memorian*) e
Clair Abreu do Amaral

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus e Nossa Senhora, por todas as graças alcançadas.

Aos meus amados pais e irmão, por todo amor e sacrifícios oferecidos, e pelo exemplo de vida transmitido. A todos os familiares, que colaboraram com a minha formação e me incentivaram.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, pela oportunidade, pela acolhida e pela infraestrutura disponibilizada para a realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Fenando Campos Mendonça pela orientação e pelos ensinamentos que foram importantes para a minha formação científica.

Aos Professores: Dra. Patrícia Marques, Dr. Sérgio Duarte, Dr. Marcos Folegatti e Dr. Rubens Coelho, pelo conhecimento compartilhado e pelo apoio na realização deste trabalho.

À EMBRAPA Pecuária Sudeste, em especial à Dra. Patrícia Menezes Santos e ao Dr. José Ricardo Macedo Pezzopane, por todo apoio e dedicação oferecidos para a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia de Biossistemas, Gilmar Grigolon, Paula Pedro, Antônio Gozzo (Seu Antônio), Ângela Silva, Beatriz Novaes, Davilmar Colevatti e Luiz Camargo, pela atenção e disposição durante a realização dos trabalhos.

Aos colegas de pós-graduação: Jefferson José, Adriano Diotto (Kubano), João Paulo, Hermes Rocha, Éder Comunello, Cristian Bosi, Murilo Vianna, Alexandre do Rio, Conan Salvador, Catariny Aleman, Jonathan Lizcano, Alan Bernard, Livia Previatello, Bruno Marçal, Bruno Lena, Fernando Barbosa, Acácio Perboni, Eusímio Fraga, Daniel Leal, Rafael Dreux, Osvaldo Neto e outros do PPGESA que não foram mencionados.

Aos colegas de outros programas de pós-graduação: Valdson Silva, André Andrade, Lucas Rocha, Rafael Butke e Guilherme Silva.

Ao Grupo de Práticas em Irrigação e Drenagem (GPID), em especial: Brenda Silva, Caroline Motta, Enzo Maeda, Lucas Finardi, Amarilis Shiroma e Márcio Soares, e aos alunos de graduação Jair Júnior (UNIMONTES) e Luiz Venesiano (IFTM); pelo auxílio sem o qual seria impossível a realização deste trabalho.

Aos professores da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), em especial ao Professor Dr. Rodrigo Souza, pelo exemplo profissional e incentivo à carreira científica.

A todas as pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho. Muito Obrigado!

“Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, se não tiver caridade, sou como o bronze que soa, ou como o címbalo que retine. Mesmo que eu tivesse o dom da profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência; mesmo que tivesse toda a fé, a ponto de transportar montanhas, se não tiver caridade, não sou nada. Ainda que distribuísse todos os meus bens em sustento dos pobres, e ainda que entregasse o meu corpo para ser queimado, se não tiver caridade, de nada valeria! A caridade é paciente, a caridade é bondosa. Não tem inveja. A caridade não é orgulhosa. Não é arrogante. Nem escandalosa. Não busca os seus próprios interesses, não se irrita, não guarda rancor. Não se alegra com a injustiça, mas se rejubila com a verdade. Tudo desculpa, tudo crê, tudo espera, tudo suporta. A caridade jamais acabará. As profecias desaparecerão, o dom das línguas cessará, o dom da ciência findará. A nossa ciência é parcial, a nossa profecia é imperfeita. Quando chegar o que é perfeito, o imperfeito desaparecerá. Quando eu era criança, falava como criança, pensava como criança, raciocinava como criança. Desde que me tornei homem, eliminei as coisas de criança. Hoje vemos como por um espelho, confusamente; mas então veremos face a face. Hoje conheço em parte; mas então conhecerei totalmente, como eu sou conhecido. Por ora subsistem a fé, a esperança e a caridade - as três. Porém, a maior delas é a caridade.”

I Coríntios 13: 1-13

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 As pastagens e o ambiente	21
2.2 Caracterização da forrageira	22
2.3 A irrigação de pastagens.....	22
2.3.1 Fator de depleção da água no solo	24
2.4 Manejo da adubação nitrogenada em pastagens.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Local do experimento	27
3.2 Experimento 1 – Manejo da irrigação.....	27
3.3 Experimentos 2 – Manejo da adubação nitrogenada com ureia.....	28
3.4 Caracterização físico-hídrica do solo	28
3.5 Adubação	30
3.6 Plantio e Estabelecimento	31
3.7 Controle da umidade	32
3.8 Avaliações	33
3.8.1 Produção de matéria seca.....	33
3.8.2 Relação parte aérea/ raiz e relação colmo+bainha / lâmina foliar	34
3.8.3 Produtividade da água.....	34
3.8.4 Eficiência do uso do Nitrogênio	34
3.8.5 Determinação do teor de nitrogênio e proteína bruta	35
3.8.6 Área Foliar.....	35
3.8.7 Avaliação do perfilhamento	35

3.9 Análise dos dados.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Variáveis Microclimáticas.....	39
4.2 Experimento 1: Manejo da Irrigação	41
4.2.1 Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de matéria seca de raízes (MSR)	42
4.2.2 Relação parte aérea/raiz e relação colmo+bainha/lâmina foliar	43
4.2.3 Teor de Nitrogênio e Proteína Bruta	44
4.2.4. Produtividade da água (PDA) e eficiência do uso do nitrogênio (EUN)	44
4.2.5 Área Foliar	45
4.2.6 Número de perfilhos.....	46
4.3 Experimento 2: Manejo da adubação nitrogenada	46
4.3.1 Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca de raiz (MSR)	48
4.3.2 Relação parte aérea/raiz (PA/R) e Relação colmo+bainha / lâmina foliar (CB/L)	49
4.3.3 Teor de Nitrogênio e Proteína Bruta	50
4.3.4 Eficiência do uso do nitrogênio (EUN)	52
4.3.5 Área Foliar	52
4.3.6 Número de perfilhos.....	53
4.4 Considerações finais sobre os resultados	55
5 CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS	59
ANEXOS.....	65

RESUMO

Desempenho produtivo de *Cynodon spp.* cv. Tifton 85 sob diferentes condições de manejo da irrigação e momentos de aplicação da adubação nitrogenada

A utilização de pastagens como base da alimentação de bovinos de leite ou corte é umas das formas de reduzir os custos de produção e tornar a atividade mais competitiva. Para obter a máxima produtividade de forragem é indispensável dispor de condições ideais à fotossíntese, tais como boa disponibilidade de luz, nutrientes e água. Uma das opções para aumentar a produtividade e sustentabilidade das pastagens é um manejo adequado da irrigação e da adubação nitrogenada. Dois experimentos foram conduzidos em ambiente protegido, com plantas em vasos de 8,5 litros, na área experimental do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). No primeiro experimento, foi avaliado o efeito de cinco níveis de depleção de água no solo ($P_1 = 0 - 0,05$; $P_2 = 0,20$; $P_3 = 0,40$; $P_4 = 0,60$; $P_5 = 0,80$), respectivamente, 95%-100% (testemunha), 80%, 60%, 40% e 20% da água disponível no solo no momento das irrigações. No segundo experimento, foram testados cinco momentos de aplicação da ureia em relação ao momento do corte da parte aérea: (a) no dia do corte; (b) 3 dias após; (c) 6 dias após; (d) 9 dias após; (e) 12 dias após o corte; e um tratamento-controle, sem aplicação de ureia. Ambos os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições para três períodos de crescimento (cortes). Foram avaliados: massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), relação parte aérea/ raiz (PA/R), relação colmo + bainha/lâmina (CB/L), teor de nitrogênio na parte aérea, proteína bruta (PB), eficiência do uso do nitrogênio (EUN), produtividade água (PDA), área foliar (AF) e perfilhamento. Não foi encontrada diferença significativa dos tratamentos de depleção para as variáveis estudadas, com exceção da produção de MSR e PDA, indicando que para o período em que o experimento foi realizado (inverno), fatores de depleção mais altos podem ser utilizados sem que haja comprometimento da quantidade e da qualidade da forragem produzida. O momento de aplicação de ureia não influenciou a produção de MSR, a relação CB/L e a relação PA/R; no entanto, foi observado que o momento da adubação exerceu um efeito significativo sobre a produção nos cortes de estabelecimento, gerando um efeito na quantidade e na qualidade da forrageira.

Palavras-chave: Fator de depleção de água no solo; Capim Tifton 85; Nitrogênio; Forrageira; Pastagem

ABSTRACT

Performance of *Cynodon* spp. cv. Tifton 85 under different conditions of irrigation management and moments of nitrogen application

The use of pasture as the base for feeding dairy or beef cattle is one of the ways to reduce production costs and to turn more competitive these activities. In order to achieve the maximum forage productivity, it is essential to have ideal conditions for photosynthesis, such as good availability of light, nutrients and water. One option to increase the productivity and sustainability of pasture is a proper management of irrigation and nitrogen fertilization. Two experiments were carried out in a greenhouse environment, with plants in pots of 8.5 liters in the experimental area of the Department of Biosystems Engineering, at the 'Luiz de Queiroz' College of Agriculture (ESALQ/USP). In the first experiment, it was tested the effect of five levels of soil water depletion ($P1 = 0 - 0.05$, $P2 = 0.20$, $P3 = 0.40$, $P4 = 0.60$, $P5 = 0.80$), respectively corresponding to 95%-100% (control), 80%, 60%, 40% and 20% of the soil water availability at the moment of irrigations. In the second experiment, it was evaluated the moment of urea application in relation to the moment of the aerial part cut: (a) on the day of cutting; (b) 3 days; (c) 6 days; (d) 9 days; and (e) 12 days after the cut; and a control treatment, without urea application. Both the experiments were carried out under a statistical design of randomized blocks, with four replications for three periods of growth (cut intervals). The parameters evaluated at the experiment were: dry matter weight of the aerial part (MSPA), dry matter weight of roots (MSR), aerial part/root ratio (PA/R), stem + sheath/blade ratio (CB/L), plant nitrogen content, crude protein content (PB), nitrogen use efficiency (EUN), water productivity (PDA), leaf area (AF) and plant tillering. No significant differences for the studied variables were found for the depletion treatments, except for the MSR and PDA, indicating that, during the experiment period (winter), higher depletion factors can be used without compromising the forage production and quality. The moment of urea application did not affect the MSR and the relations CB/L and PA/R, however, it was observed that the moment of urea application had a significant effect on the MSPA on the establishment cuts, generating an effect on the amount and quality of the forage crop.

Keywords: Soil water depletion factor, Tifton 85 grass; Nitrogen, Forage, Pasture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de retenção da água no solo utilizado no experimento	29
Figura 2 - Representação das etapas de montagem do vaso	30
Figura 3 - Incorporação dos adubos ao solo e preenchimento dos vasos	31
Figura 4 - Transplântio e estabelecimento das mudas de Tifton 85	32
Figura 5 - Controle e reposição da água	33
Figura 6 - Representação da marcação de perfilhos.....	36
Figura 7 - Temperatura máxima, média e mínima do ar	39
Figura 8 - Umidade máxima, média e mínima do ar	40
Figura 9 - Radiação solar global e evapotranspiração de referência do período experimental.....	40
Figura 10 - Produção de matéria seca de raízes em função de diferentes níveis de depleção de água no solo	43
Figura 11 - Produtividade da água em função de diferentes níveis de depleção de água no solo.....	45
Figura 12 - Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) em função de diferentes momentos de aplicação de ureia e períodos de crescimento.	49
Figura 13 - Relação parte aérea/raiz em função do momento de aplicação de ureia.....	50
Figura 14 - Teor de nitrogênio de MSPA em função de diferentes momentos de aplicação de ureia e períodos de crescimento.	51
Figura 15 – Proteína bruta em função de diferentes momentos de aplicação de ureia e períodos de crescimento.	52
Figura 16 – Área da lâmina foliar em função de diferentes momentos de aplicação de ureia e períodos de crescimento.	53
Figura 17 – Número de perfilhos em função do momento de aplicação de ureia.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa dos valores de tensão e umidade para os tratamentos de depleção de água no solo	29
Tabela 2 - Resultados das análises químicas do solo utilizado nos experimentos ...	30
Tabela 3 - Resumo de análise de variância dos quadrados médios do experimento 1 para as variáveis MSPA, MSR, CB/L, PA/Raiz e Teor de nitrogênio	41
Tabela 4 - Resumo de análise de variância dos quadrados médios do experimento 1 para as PB, PDA, EUN e número de perfilhos	41
Tabela 5 - Teste de médias das variáveis estudadas em função dos cortes para o experimento 1	42
Tabela 6 - Resumo de análise de variância dos quadrados médios do experimento 2 referente as variáveis MSPA, MSR, relação CB/L e relação PA/Raiz.....	47
Tabela 7 - Resumo de análise de variância dos quadrados médios do experimento 2 referente as variáveis teor de nitrogênio, PB, EUN e número de perfilhos	47
Tabela 8 - Teste de médias das variáveis estudadas em função dos cortes para o experimento 2	48

1 INTRODUÇÃO

Os resultados do Censo Agropecuário brasileiro realizado em 2006 indicam que as pastagens estão presentes em mais de 50% dos estabelecimentos rurais brasileiros e ocupam cerca de 170 milhões de hectares (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2008).

A utilização de pastagens como base da alimentação de bovinos de leite ou carne na propriedade rural é uma das formas de reduzir os custos de produção e tornar a atividade mais competitiva. Quando se busca o aumento da produtividade das pastagens, uma das opções é a intensificação por meio do uso racional de tecnologias relacionadas ao manejo do solo, do ambiente, da planta e do animal (ALENCAR et al., 2009).

Stobbs (1976) e Martinez et al. (1980) mostraram que o manejo adequado de pastagens constituídas por espécies tropicais pode resultar em elevadas produções de leite. Segundo Cowan (1990), a produção de leite de vacas em pastagens de boa qualidade pode atingir até 4.500 kg/vaca/lactação, sem recorrer ao uso de concentrados.

Nos últimos anos, o Tifton 85 é, dentre os cultivares de *Cynodon spp.*, o que tem ganhado maior destaque em sistemas de produção de pastagens tanto para corte quanto para produção de leite dado ao seu valor nutricional. E dentre os fatores que contribuem para o crescimento do uso de pastagem está adubação adequada e a irrigação.

Como a resposta de plantas forrageiras tropicais à adubação nitrogenada é influenciada pela disponibilidade de água no solo e pelo momento de aplicação após o corte ou pastejo, é necessário conduzir estudos que considerem essas duas variáveis, para obter respostas consistentes que melhorem o manejo da irrigação e da nutrição das pastagens.

A resposta das pastagens, quanto as condições ambientais e nutricionais, tem sido, primeiramente, avaliada pela produção de matéria seca da parte aérea. Contudo, estudos mais detalhados, tem incluído características estruturais e a eficiência do uso dos recursos hídricos e nutricionais, com o intuito de desenvolver pastagens de qualidade.

O objetivo deste trabalho de pesquisa foi determinar o fator de depleção (p) e o melhor momento de aplicação de nitrogênio após o corte para *Cynodon spp.* cv. Tifton 85.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 As pastagens e o ambiente

A produção de forragem depende de fatores ligados ao clima, ao solo, à planta e ao animal, além das interações entre os mesmos. Dentre os fatores climáticos que influenciam o desenvolvimento vegetal, pode-se citar a disponibilidade hídrica, a luminosidade, o fotoperíodo e a temperatura.

As condições de fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas também são importantes para a persistência da pastagem. O nitrogênio é, dentre os nutrientes minerais das plantas, aquele que promove os maiores aumentos de produtividade dos sistemas de produção animal em pastagens (SANTOS et al., 2007).

Numa pastagem em crescimento vegetativo, as características morfogênicas de plantas individuais são determinadas geneticamente, mas também são influenciadas por variações ambientais e/ou de manejo (interação genótipo-ambiente), o que determina mudanças na estrutura da pastagem e na atividade de pastejo dos animais. Esse fenômeno, denominado plasticidade fenotípica, é entendido como a capacidade de um dado genótipo apresentar diferentes fenótipos sob diferentes condições ambientais. A plasticidade fenotípica também é considerada o principal meio pelo qual as plantas fazem frente à heterogeneidade ambiental (VALLADARES et al., 2007). Muitos estudos têm demonstrado que as plantas são plásticas para numerosos atributos de natureza morfológica, fisiológica e anatômica, incluindo as características de desenvolvimento e reprodução (SULTAN, 2000). No caso das pastagens, este processo desempenha importante papel na interface planta-animal em sistemas de produção a pasto, pois confere às forrageiras maior resistência ao pastejo (LEMAIRE, 1997).

Em sistemas de produção intensiva, o controle sobre os efeitos ambientais e nutricionais possibilita o desenvolvimento de pastagens mais produtivas e de melhor qualidade. Além dos meios de determinação direta da produção, como quantificação de matéria seca da parte aérea, o estudo das relações como também de eficiência de uso dos recursos, auxilia na compreensão dos mecanismos desenvolvidos pela planta frente as condições ambientais.

No caso das relações estruturais, a relação parte aérea/raiz pode ajudar a explicar como os fatores químicos e do meio ambiente afetam e modificam o

crescimento da planta. Uma vez que esta relação é influenciada pela espécie vegetal, pela idade, pelo estágio de desenvolvimento morfológico e pelo meio em que a planta está se desenvolvendo (AUNG, 1974). Da mesma forma, a relação colmo+bainha/lâmina, é um indicativo fundamental quanto a resposta nutricional.

2.2 Caracterização da forrageira

Pela sua rusticidade e produtividade, o *Cynodon spp.* cv. Tifton 85 ganhou destaque na formação de áreas de pastagem. O Tifton 85 é oriundo do melhoramento desenvolvido por G. W. Burton, na Geórgia. A introdução dessa gramínea é relativamente recente no Brasil, trazida por produtores em meados de da década de 1990, quando as forrageiras do gênero *Cynodon* se popularizaram. Sua liberação para uso comercial nos Estados Unidos ocorreu em maio de 1992, como resultado de um programa de seleção iniciado em 1984 e que avaliou híbridos F₁ de Tifton 768 (*Cynodon nlemfuensis*) com uma introdução originária da África do Sul, denominada Tifton 292 e também considerada *Cynodon dactylon*. O Tifton 85 é caracterizado como uma gramínea perene, estolonífera e rizomatosa, de porte alto quando comparada a outras plantas do gênero, com colmos e folhas largas, de cor verde-escuro (BURTON et al., 1993). Os rizomas aparecem em pequeno número e, assim como os estolões, são grandes, grossos e se espalham rapidamente pelo terreno. Os estolões têm cor verde-escuro com pigmentação roxa pouco intensa (RODRIGUES et al., 1998). Mislevy e Pate (1996) apresentaram como vantagens do Tifton 85 um rápido estabelecimento e bom desenvolvimento em condições de clima frio, com temperaturas de 16 a 27°C e dias curtos, desde que haja adequadas condições de umidade e fertilidade do solo (FONSECA; MARTUSCELLO, 2010).

2.3 A irrigação de pastagens

Na área de produção animal, o uso da irrigação tem crescido nos últimos anos, como elemento regulador da produção e como instrumento para diminuir o efeito da estacionalidade na produção de forragem (FERNANDES; DRUMOND; AGUIAR, 2006).

A estacionalidade de produção está relacionada as condições de déficit hídrico, que associado a outros fatores como climáticos, tais como temperatura e luminosidade, reduz a produção de forragem.

Segundo Lourenço (2004), em situações de déficit hídrico, as plantas apresentam mecanismos de aclimação genética, alterando o padrão de distribuição de carboidratos, direcionando-os para regiões mais prioritárias. Essa translocação, segundo Kalapos et al. (1996), evita que a planta morra, porém ocorre uma resposta antagônica em relação ao desenvolvimento vegetativo (área foliar) e à superfície de transpiração. Para Doorenbos e Kassam (1979), o déficit hídrico é observado quando a evapotranspiração real torna-se inferior a evapotranspiração máxima, em condições em que a água disponível no solo for limitada. A alternativa para a eliminação dessa deficiência hídrica no período de seca, que prejudica o desenvolvimento vegetativo das principais forrageiras cultivadas no Brasil, é a irrigação.

A irrigação oferece ao pecuarista a possibilidade de redução de custos de produção e tempo de trabalho para alimentar o rebanho, quando comparado como outros tipos de alternativas de suplementação no outono-inverno, tais como silagens e fenos que necessitam de máquinas para preparo, armazenagem e fornecimento aos animais. Poderia proporcionar maior retorno líquido na produção animal quando comparado a sistemas que precisam usar grãos e forragens cortadas, empregar menor área para a produção animal, possibilitar o uso da água de baixa qualidade, propiciar boa cobertura de solo e prolongar o período de pastejo durante a estação seca (DRUMOND; AGUIAR, 2005).

No intuito de melhorar a exploração do potencial produtivo das pastagens no Brasil, a irrigação não tem sido realizada de maneira adequada (SILVA, 2003; ALENCAR et al., 2009). Os autores relatam a aplicação de lâminas insuficientes ao desenvolvimento potencial dos pastos, acarretando em baixa produção de matéria verde ou, na maioria dos casos, na aplicação excessiva de água. Isto resulta em prejuízos ao ambiente, consumo desnecessário de energia elétrica e água, lixiviação de nutrientes e aumento da compactação do solo, o que repercute na diminuição da produção e da vida útil da pastagem.

O uso da irrigação torna-se imprescindível para reduzir a deficiência na produção de forragem devido ao déficit hídrico que ocorre no período de seca e durante os veranicos, na estação chuvosa. Diversos autores já constataram efeitos significativos da irrigação sobre a produtividade de forrageiras tropicais (DOURADO NETO et al., 2002; SOUZA, 2003; GARGANTINI et al., 2005). No entanto, o efeito da irrigação sobre a qualidade de forrageiras tropicais é um aspecto pouco estudado (VANZELA et al., 2006).

2.3.1 Fator de depleção da água no solo

Para um manejo adequado da irrigação deve-se definir corretamente a quantidade de água e o momento de aplicá-la, que estão relacionados ao conhecimento da água facilmente disponível (AFD), que é a parte da capacidade água disponível do solo (CAD) que proporciona à cultura um desenvolvimento adequado e sem redução em sua taxa máxima de evapotranspiração. A AFD é uma fração da CAD,

O fator de depleção (p) é a porcentagem da água disponível no solo que pode ser consumida antes das irrigações, sem prejuízos ao desenvolvimento e à produção das plantas. Esse fator representa a fração da capacidade de água disponível (CAD) que a planta pode consumir antes das irrigações sem que ocorram prejuízos ao desenvolvimento e produção das culturas (DOORENBOS; KASSAM, 1979). O valor do fator de depleção (p) está entre 0 e 1, e depende basicamente do tipo de cultura e das condições climáticas.

Não foram encontrados na literatura trabalhos referentes ao estudo do fator de depleção para pastagens. Contudo, alguns autores como Al-Yahyai et al. (2005), verificaram que o efeito de diferentes níveis de depleção de água no solo influenciaram a produção dos frutos maduros e a massa seca de frutos de carambola. Lima (2013), verificou também, que o estresse temporário (depleção) afeta negativamente os parâmetros qualitativos e quantitativos de produção de hastes de rosas.

2.4 Manejo da adubação nitrogenada em pastagens

É conhecida a importância da adubação nitrogenada na produção de pastagens. A disponibilidade de nitrogênio é o fator dominante que controla os processos de crescimento e desenvolvimento da planta e provavelmente o mais importante a limitar a produção da biomassa permitida pelas condições climáticas em ecossistemas naturais (NABINGER, 1996)

Herrera et al. (1986) e Alvim et al. (1998) registraram, em condições de corte, que adubação nitrogenada resultou em elevada produção de forragem de alto valor nutritivo do capim *Coast cross*. Sob pastejo, Vilela et al. (1996) e Alvim et al. (1997) registraram elevadas produções de leite com vacas da raça Holandesa em pastagem de capim *Coast cross* adubada com 350 kg/ha/ano de N.

No caso da adubação de pastagens, particularmente a nitrogenada, a prática é fundamental quando se pretende aumentar a produção de matéria seca, pois o nitrogênio (N) presente no solo é proveniente da mineralização da matéria orgânica derivada do complexo solo-planta-animal não é suficiente para as gramíneas de alta produção expressarem o seu potencial (GUILHERME et al., 1995). Vários trabalhos reportam aumento da produtividade com a utilização de adubação nitrogenada (CORSI, 1994; NABINGER, 1997). Em sistemas de manejo rotacionado questiona-se qual o melhor momento de realizar essa adubação, para que a planta tenha melhor usufruto desse nutriente e atinja bons níveis de produção para o próximo pastejo. A falta de parâmetros seguros e de uma metodologia bem definida para a recomendação de adubação nitrogenada é o primeiro fator limitante para a definição de estratégias de aplicação mais eficientes em sistemas intensivos.

Dentre os poucos trabalhos de verificação de períodos de aplicação de N em gramíneas forrageiras existentes, destaca-se o de Premazzi (2001), o qual avaliou a influência de doses (0, 80, 160 e 240 mg dm⁻³ de solo) e épocas (imediatamente e sete dias após o corte) de aplicação de N. A autora observou que as doses influenciaram em acréscimos no número de perfilhos, no comprimento e aéreas foliares. As épocas de aplicação de nitrogênio mostraram diferença significativas para a produção de matéria seca de raízes, concentração de nitrogênio na parte aérea e no comprimento e área foliares. A aplicação de nitrogênio sete dias após o corte proporcionou mais elevada concentração de nitrogênio na parte aérea e mais baixa produção de matéria seca de raízes, comparada a aplicação no momento do corte.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

A pesquisa foi conduzida em estufa localizado em na área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), no município de Piracicaba, SP, situada nas coordenadas geográficas 22° 42' S e 47° 38' W, a uma altitude de 546 m.

Segundo Sentelhas (1998), o clima da região pela classificação de Köppen é do tipo Cwa, tropical úmido com temperaturas superiores a 22°C no mês mais quente e inferiores a 18°C no mês mais frio. O período de realização do experimento ocorreu ente 05/07/2013 a 06/09/2013.

A estufa era constituída de estrutura metálica galvanizada, medindo 4,6 m de altura na parte central e 12,8 m de pé direito, 12,8 m de largura, 22,5 m de comprimento, com janelas frontais. A cobertura consistia de filme de polietileno transparente de baixa densidade, e espessura de 0,15 mm. As laterais da casa de vegetação apresentavam cortinas de plásticos transparente e dispositivo de levantamento durante o dia para controle da temperatura e umidade relativa do ar em seu interior e proteção contra chuvas e ventos excessivos.

O monitoramento meteorológico foi obtido com sensores, instalados a 2 m de altura, de radiação global modelo CM3 Kipp & Zonen®, temperatura e umidade relativa do ar – termohigrômetro modelo HMP45C da Vaisala®, com os dados coletados a cada minuto e média a cada dez minutos. Para coleta e armazenamento dos dados, utilizou-se um sistema automático de aquisição de dados (CR23X, Campbell Scientific®).

3.2 Experimento 1 – Manejo da irrigação

O experimento foi conduzido sob o delineamento estatístico de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 3, com cinco tratamentos, três avaliações (cortes da parte aérea e amostragens de raízes) e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais para cada período de avaliação. Os tratamentos foram aplicados às unidades experimentais a partir do corte de nivelamento, que ocorreu após o período inicial de estabelecimento das plantas. Foram avaliados os efeitos de

cinco níveis de depleção de água no solo ($P_1 = 0 - 0,05$; $P_2 = 0,20$; $P_3 = 0,40$; $P_4 = 0,60$; $P_5 = 0,80$), que definem o momento de irrigação a partir da percentagem de água disponível no solo, respectivamente, em 95% - 100% (testemunha), 80%, 60%, 40% e 20% da água disponível. Como foram feitas três avaliações (cortes), houve um total de 60 unidades experimentais em todo experimento.

3.3 Experimentos 2 – Manejo da adubação nitrogenada com ureia

O experimento 2 foi conduzido sob o delineamento estatístico de blocos casualizados em esquema fatorial 6×3 , com seis tratamentos, três avaliações (cortes da parte aérea) e quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais para cada período de avaliação. Foram testados cinco momentos de aplicação de ureia em relação ao corte: (a) no dia do corte; (b) três dias após; (c) seis dias após; (d) nove dias após; e (e) 12 dias após o corte; e um controle absoluto sem aplicação de ureia. Como foram feitas três avaliações (cortes), houve um total de 72 unidades experimentais em todo experimento.

3.4 Caracterização físico-hídrica do solo

A curva de retenção de umidade do solo utilizado no experimento foi construída simulando uma condição real de irrigação e evaporação em casa de vegetação. Para isso, utilizaram-se três vasos com capacidade para 8,5 L, com orifícios na parte inferior e contendo uma camada de brita de 3 cm de brita, recoberta com manta geotêxtil Bidim®. Esses vasos foram preenchidos visando a padronização da massa e volume de solo colocado, com o intuito de obter uma densidade conhecida e homogênea entre as unidades experimentais.

Os vasos foram saturados, a superfície foi coberta com filme plástico para evitar perdas por evaporação e dispostos sobre bancadas de 1 m de altura para drenar livremente.

Após a drenagem natural do solo, determinou-se a capacidade máxima de retenção por meio de pesagens em intervalos de 12 horas, até os vasos atingirem o peso constante e o excesso de água ser drenado, o procedimento foi repetido para a certificação dos valores. Posteriormente, com o auxílio de um anel volumétrico, foram retiradas amostras indeformadas do solo a uma profundidade de 15 cm no vaso para

determinação da curva de retenção. Os dados de umidade foram relacionados com a tensão média (Figura 1), sendo ajustada a equação de van Genuchten (eq. 1), para estimativa das umidades em função dos tratamentos de depleção.

$$\theta(\psi_m) = 0,097 + \frac{0,45 - 0,097}{[1 + (\psi_m)^2]^{0,35}} \quad (1)$$

em que:

$\theta(\psi_m)$ – relação funcional entre o teor de água no solo (θ), em base volume, e o potencial matricial (ψ_m em m)

Figura 1 - Curva de retenção da água no solo utilizado no experimento

Com base nos valores calculados foi possível estimar a tensão e umidade do solo para cada tratamento, conforme representado na tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa dos valores de tensão e umidade para os tratamentos de depleção de água no solo

Tratamentos % CAD	Tensão (kPa)	Umidade (cm³ cm⁻³)
100	0,1	0,44
80	1,5	0,37
60	3	0,32
40	6	0,26
20	250	0,12
PMP*	1500	0,08*

* valor observado

CAD - capacidade de água disponível

3.5 Adubação

Em todos os experimentos, as unidades experimentais foram compostas por vasos com capacidade de 8,5 litros de dimensões 24 x 22,5 x 19 cm (largura x altura x base), que foram preenchidos com a camada de 0-20 cm do solo da área experimental, classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa, série Sertãozinho.

O solo foi peneirado em malha de 4 mm, homogeneizado, seco ao ar, corrigido em seus níveis de fertilidade e disposto no interior dos vasos sobre uma camada de pedra brita de 0,03 m de altura coberta por uma manta não tecida (Bidim®). O conjunto composto por vaso, brita e Bidim® teve seu peso padronizado a 1,2 kg em todos os vasos, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Representação das etapas de montagem do vaso

A análise granulométrica do solo mostrou valores para areia, silte e argila de, respectivamente, 31; 790; e 179 g kg⁻¹. Os resultados das análises químicas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises químicas do solo utilizado nos experimentos

pH CaCl ₂	M.O.	P Resina	S SO ₄ ⁻²	Ca	Mg	Al	H + Al	K	SB	CTC	V	Cu	Zn	Fe
	mg kg ⁻¹	---- mg dm ⁻³ ----		----- cmol _c dm ⁻³ -----					-----		%	---- mg dm ⁻³ ---		
5,4	7	27	11	20	8	0	16,8	1,2	29,2	46	64	0,6	2,0	32

No solo utilizado para preenchimento dos vasos, foi aplicado calcário dolomítico para elevação da saturação de bases (V) a 70% (RAIJ et al., 1996). A adubação de fundação foi igual para todas as unidades experimentais. Os nutrientes foram incorporados à terra com o auxílio de uma betoneira. Posteriormente, utilizou-se 8 kg dessa terra para preencher cada vaso. Conforme representado na Figura 3.

Todo o fósforo foi aplicado na adubação de fundação, na forma de superfosfato simples. A quantidade de adubo foi calculada considerando a meta de elevar a concentração de P a 40 mg.dm⁻³.

Figura 3 - Incorporação dos adubos ao solo e preenchimento dos vasos

A adubação potássica foi calculada visando atingir 5% da CTC do solo. Por se tratar de um elemento móvel no solo, a adubação será parcelada, aplicando-se 50% na fundação e 50% após o primeiro corte.

A adubação nitrogenada foi calculada de modo aplicar o equivalente a 75 kg/ha de N (167 kg/ha de ureia) ao final de cada corte. Tal dose equivale a 0,75 g de ureia/vaso. A aplicação de micronutrientes foi realizada via foliar.

3.6 Plantio e Estabelecimento

Foram preparadas mudas de Tifton 85 a partir de propagação de amostras coletadas de um pasto já estabelecido na área experimental da Fazenda Areão – ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba, SP. As amostras foram

submetidas a enraizamento e posteriormente divididas e propagadas em bandejas plásticas com 162 células com substrato orgânico.

Foram transplantadas 4 mudas de Tifton 85 por vaso (Figura 4). Após o pegamento das mudas, foi feito o desbaste mantendo-se duas plantas por vaso.

Figura 4 - Transplantio e estabelecimento das mudas de Tifton 85

As mudas foram cultivadas por um período de 20 dias antes do início dos experimentos, mantendo-se o solo a capacidade de campo, a fim de se realizar estabelecimento da cultura no vaso e posteriormente, realizar o corte de uniformização.

3.7 Controle da umidade

Coletou-se uma amostra de solo de um dos vasos para determinação da curva de retenção de água no solo. A determinação dos tratamentos dos fatores de depleção foi feita a partir da determinação da capacidade de vaso, conforme a metodologia proposta por Casaroli e van Lier (2008). De modo similar ao conceito da capacidade de campo, a capacidade de vaso é a máxima umidade retida na terra ou no substrato que preenche o vaso, sem ocorrência de drenagem. A partir da capacidade de vaso e da curva de retenção, determina-se a capacidade de água disponível (CAD) nos vasos.

Em ambos os experimentos, o controle da umidade foi feito por meio da pesagem de um vaso por tratamento, calculando-se a lâmina d'água a aplicar a partir da diferença entre o armazenamento máximo (CAD) e o armazenamento atual (ARM_a) (eq. 2).

$$I = CAD - ARM_a \quad (2)$$

em que:

I – irrigação necessária, L/vaso;

CAD – capacidade de água disponível no vaso, L/vaso;

ARM_a – armazenamento atual, L/vaso.

No experimento de depleção de água no solo a aplicação de água foi feita de acordo com os tratamentos, os cinco níveis de depleção de água no solo ($P_1 = 0,05$; $P_2 = 0,20$; $P_3 = 0,40$; $P_4 = 0,60$ e $P_5 = 0,80$).

Nos experimentos de momento de aplicação de nitrogênio (3 e 4), a irrigação foi feita de modo a manter uma alta disponibilidade de água às plantas, evitando excesso ou falta de água. Para isto, a umidade do solo foi monitorada diariamente (Figura 5).

Figura 5 - Controle e reposição da água

3.8 Avaliações

Em ambos os experimentos foram feitas amostragens para avaliações destrutivas ao final de um ciclo de 21 dias, amostrando-se as plantas de quatro unidades experimentais por tratamento (20 e 24 unidades por amostragem para os experimentos 1 e 2, respectivamente). Nas demais unidades foi feito o corte das plantas a uma altura de 5 cm da superfície do solo, a fim de simular os ciclos de manejo em um sistema de pastejo rotacionado (Anexo A).

3.8.1 Produção de matéria seca

Os primeiros cortes foram realizados aos 21 dias após o corte de nivelamento.

Em todos os cortes de amostragem, as plantas foram separadas em lâminas e colmos + bainhas (colmos propriamente ditos, mais as bainhas que foram mantidas circundadas a eles). As raízes foram separadas e lavadas. Tanto as partes aéreas como as raízes das plantas foram colocadas em estufa de circulação de ar, para secagem à temperatura de 65°C, até atingirem peso constante.

3.8.2 Relação parte aérea/ raiz e relação colmo+bainha / lâmina foliar

Após a secagem do material vegetal foi determinada a produção de matéria seca da lâmina foliar (MSLF), colmos + bainhas (MSCB), e raízes (MSR). A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) foi obtida pela soma dos pesos de seus componentes (em g/vaso). A partir da pesagem dessas frações, foi possível calcular a relação colmo+bainha/lâmina foliar e relação parte aérea/raiz.

3.8.3 Produtividade da água

A produtividade da água (PDA) foi determinada pela razão entre a MSPA produzida em cada corte, pela quantidade de água utilizada nos respectivos períodos, seguindo orientações de Pieterse et al. (1997). O denominador da eq. (3) representa a lâmina total de água em litros, utilizada pela forragem, para cada período de crescimento.

$$PDA = \frac{MSPA}{L} \quad (3)$$

PDA - Produtividade da água (kg MSPA m⁻³);

MSPA - matéria seca produzida no período (kg MSPA recipiente⁻¹); e

L - quantidade de água utilizada no período de produção (m³ recipiente⁻¹).

3.8.4 Eficiência do uso do Nitrogênio

Para cálculo da eficiência do uso do nitrogênio (EUN), utilizou-se o seguinte procedimento: dividiu-se a MSPA produzida pela quantidade total de nitrogênio (N) aplicado, conforme a eq. (4).

$$EUN = \frac{MSPA}{N} \quad (4)$$

MSPA - Produção de MSPA por recipiente (kg MSPA recipiente⁻¹); e

N - total de nitrogênio aplicado durante o ciclo da cultura (N kg recipiente⁻¹)

3.8.5 Determinação do teor de nitrogênio e proteína bruta

Em ambos os experimentos foi realizada a determinação de teor de nitrogênio e proteína bruta, (%PB), pelo método de Kjeldahl, conforme descrito por Silva (2002).

No método de Kjeldahl, a determinação da proteína bruta é obtida, multiplicando-se o valor do nitrogênio total encontrado pelo por um fator que converte o nitrogênio em proteína. Convencionalmente, em amostras de alimentos para animais: plantas forrageiras, rações concentradas, entre outros materiais, a proteína bruta (PB) é expressa pelo produto com 6,25 (GALVANI; GAERTNER, 2006).

3.8.6 Área Foliar

Para a análise, foram coletadas lâminas foliares de tamanho médio, de plantas distintas em cada vaso, em número de seis para dois períodos de crescimento (cortes), conforme metodologia utilizada por Premazzi (2001). A média dessas folhas foi calculada, e a partir dela foi gerado o valor correspondente para cada vaso. Posteriormente, foi realizada a análise estatística, obedecendo os mesmos critérios das outras variáveis. A medição da área foliar foi realizada pelo medidor portátil CI-203CA (Bio-Science).

3.8.7 Avaliação do perfilhamento

Na avaliação do perfilhamento foi utilizada a técnica dos perfilhos marcados com fio de arame colorido (DAVIES, 1981) e foi conduzida do início ao término do experimento. Após cada corte, todos os perfilhos existentes no vaso foram marcados com anéis de uma única cor (Figura 6). Posteriormente, a cada sete dias, os perfilhos emergidos eram marcados com anéis de uma cor diferente, correspondente ao dia da avaliação. Foram marcados perfilhos da base e laterais (ou aéreos) indistintamente.

No momento do corte todos os anéis foram retirados e separados pela cor correspondente a data de marcação, posteriormente estes eram somados para registro do número total, ao final de cada período de crescimento.

Figura 6 – Representação da marcação de perfilhos

3.9 Análise dos dados

Inicialmente, os dados experimentais de cada uma das variáveis foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) ($P > 0,01$) e de Bartlett para verificação da normalidade e homocedasticidade residuais, respectivamente, mediante emprego do software estatístico R®, versão 2.10.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2005). Nos casos em que a variável analisada adequou-se à distribuição normal, utilizou-se o teste F para verificação de diferenças entre tratamentos e teste de Scott-Knott para comparação de médias. Nos casos em que a variável analisada não se adequou à distribuição Normal, foi utilizado o teste de comparação múltipla de médias de Kruskal-Wallis (KRUSKAL; WALLIS, 1952).

Utilizou-se a família de transformações Box-Cox (BOX; COX, 1964), para encontrar a transformação mais adequada para alcançar o comportamento aproximadamente Gaussiano, utilizando-se as eqs. (5) e (6). Para valores de λ iguais a 1, os dados foram considerados normais, não sendo necessária a transformação.

$$y^\lambda = \frac{y^\lambda - 1}{\lambda}; \quad \text{para } \lambda \neq 0 \quad (5)$$

$$y^\lambda = \ln(y); \quad \text{para } \lambda = 0 \quad (6)$$

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, por meio do software ASSISTAT, versão 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2002). Para as

variáveis qualitativas, as médias foram submetidas ao teste de Scott-Knott a 5% e 1% de probabilidade. E para as variáveis quantitativas foi feita a análise de regressão polinomial, observando-se os resultados do teste F a 5% e 1% da análise de variância e do teste t de Student (1908).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis Microclimáticas

As condições microclimáticas durante o período experimental são de grande importância para a análise das variáveis, pois as respostas morfofisiológicas das culturas dependem dessas condições. As variações de temperaturas máximas, médias e mínimas para cada período de corte realizado estão descritas na Figura 6.

As temperaturas máximas e mínimas temperaturas observadas em cada período de corte foram 33,4; 37,2 e 39°C (máximas) e 7,6; 6,18 e 6,9 °C (mínimas) para 1°, 2° e 3° cortes, respectivamente (Figura 7).

Figura 7 - Temperatura máxima, média e mínima do ar registrados no período experimental para o 1°, 2° e 3° intervalos de corte aos 21, 42 e 63 dias respectivamente

Os valores máximos de umidade relativa do ar também foram observados para o primeiro, segundo e terceiro cortes; com máxima de 100% para o 1º período de crescimento e mínima de 85% para o 3º período de crescimento (Figura 8).

Figura 8 - Umidade máxima, média e mínima do ar registrados no período experimental para o 1º, 2º e 3º intervalos de corte aos 21, 42 e 63 dias, respectivamente

A radiação solar global no interior da estufa foi coletada durante o experimento, com leituras realizadas a cada 30 segundos e armazenamento das médias a cada 15 minutos. Os valores foram somados para compor a radiação solar global diária total. Os maiores valores foram observados nos meses de agosto e setembro de 2013, durante 2º e 3º períodos de crescimento (Figura 9).

Figura 9 - Radiação solar global e evapotranspiração de referência do período experimental

As maiores estimativas de ET₀ ocorreram nos períodos de maior radiação, com valor de 3,17 mm dia⁻¹, que ocorreu no 59º dia do experimento, para uma radiação de 14,27 MJ m⁻² dia⁻¹ e temperatura máxima de 39°C. O valor mínimo da ET₀ de 0,63mm dia⁻¹ ocorreu no 19º dia do experimento, com radiação de 1,03 MJ m⁻² dia⁻¹ e

temperatura máxima de 20° C, denotando grande influência da radiação na evapotranspiração de referência (Figura 9)

4.2 Experimento 1: Manejo da Irrigação

Na análise de variância (Tabelas 3 e 4), foi observado que todas as variáveis apresentaram diferença estatística entre o fator corte. Contudo, não foi constatado efeito dos níveis de depleção para variáveis estudadas, à exceção PDA e MSR.

Tabela 3 - Resumo de análise de variância dos quadrados médios do experimento 1 para as variáveis MSPA, MSR, CB/L, PA/Raiz e Teor de nitrogênio

Fator de variação	G.L.	Quadrados médios				
		MSPA	MSR	CB/L	PA/Raiz	Teor de N
Corte (C)	2	5,7041**	1115,61**	0,1127**	0,19*	227,42**
Depleção (D)	4	0,1660 ^{ns}	34,73 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,03 ^{ns}	4,70 ^{ns}
C x D	8	0,0401 ^{ns}	58,07*	0,0076 ^{ns}	0,07 ^{ns}	10,85 ^{ns}
Blocos	3	0,0107**	47,88 ^{ns}	0,0080 ^{ns}	0,07 ^{ns}	25,40*
Resíduo	42	0,0204	24,26	0,0043	0,04	7,21
Média Geral	-	14,16g	19,05g	1,41	0,77	29,06 g kg ⁻¹
Lambda (λ)	-	0	-	-1,44	-	-
C.V. (%)	-	6,35	25,85	26,03	28,21	9,24

Tabela 4 - Resumo de análise de variância dos quadrados médios do experimento 1 para as PB, PDA, EUN e número de perfilhos

Fator de variação	G. L.	Quadrados médios			
		PB	PDA	EUN	Perfilhos
Corte (C)	2	7,87**	4,38**	8223,61**	6,36**
Depleção (D)	4	0,16 ^{ns}	1,34**	14,88 ^{ns}	0,04 ^{ns}
C x D	8	0,36 ^{ns}	0,73**	11,49 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Blocos	3	0,88*	1,81**	8,13**	0,19**
Resíduo	42	0,25	0,22	23,80	0,03
Média Geral	-	18,16%	4,80 kg m ⁻³	38,26 kg kg N ⁻¹	134,83
Lambda (λ)	-	0,58	0,73	-	0
Coeficiente de Variação (%)	-	6,61	16,29	12,75	4,10

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (p < 0,05)

ns não significativo (p >= 0,05)

G.L. - Graus de Liberdade

C.V. – Coeficiente de variação

Lambda (λ) - fator de transformação da família Box-Cox.

Na Tabela 5 estão representados os testes de médias das variáveis estudadas em função dos cortes.

Tabela 5 - Teste de médias das variáveis estudadas em função dos cortes para o experimento 1

Corte	MSPA (g vaso ⁻¹)	MSR (g vaso ⁻¹)	CB/L	PA/Raiz	Teor de N g kg ⁻¹
1°	7,98 c	11,66 c	1,25 c	0,77 b	31,99 a
2°	11,98 b	18,91 b	1,37 b	0,68 c	29,82 b
3°	22,05 a	26,59 a	1,61 a	0,88 a	25,37 c

Corte	PB %	PDA kg MS m ⁻³	EUN kg MS (kg N) ⁻¹	N° de Perfilhos	Área foliar (cm ²)
1°	19,99 a	3,04 b	21,57 c	72,0 c	3,46 a
2°	18,63 b	3,47 b	32,39 b	113,6 b	2,95 b
3°	15,85 c	4,10 a	60,83 a	219,9 a	---*

* Dado indisponível devido a defeito no aparelho medidor

Grande parte das variáveis estudadas apresentou diferença estatística em função dos cortes, conforme está representado na Tabela 5. Para melhor discussão, os resultados obtidos pelo teste de médias foram discutidos nos tópicos seguintes.

4.2.1 Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de matéria seca de raízes (MSR)

Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos de depleção sobre a produção de MSPA. No entanto, houve uma diferenciação entre os cortes ($p < 0,01$) ocorrendo um acréscimo de produção ao longo do tempo, apresentando médias de 7,98; 11,98 e 22,05 gramas para o 1°, 2° e 3° cortes, respectivamente.

Para a produção de matéria seca de raízes (Figura 10), não foi encontrado um modelo polinomial significativo para o primeiro e o terceiro cortes, que apresentaram médias gerais de 11,66 e 20,60 g vaso⁻¹, respectivamente. Contudo foi encontrado um modelo de ajuste polinomial quadrático para o segundo corte, na probabilidade de 5%, apresentando máxima MSR de 22 g vaso⁻¹ para o nível de depleção de 68,9 % da CAD.

Segundo Moraes (1995), na ocorrência de limitações devido a algum dos fatores que determinam a diminuição na oferta de carbono (temperatura, água, nitrogênio e luz), a alocação de assimilados passa a ser direcionada às estruturas de reserva da planta (raízes e colmos). Portanto, infere-se que as plantas forrageiras

tropicais que têm maior disponibilidade de água e nitrogênio durante o período de estacionalidade por temperatura e luz podem ter maior capacidade de desenvolvimento no início da estação de primavera, em relação às plantas que não têm boa disponibilidade desses fatores de produção.

Figura 10 - Produção de matéria seca de raízes em função de diferentes níveis de depleção de água no solo

4.2.2 Relação parte aérea/raiz e relação colmo+bainha/lâmina foliar

Não foi observada efeito entre os tratamentos de depleção, quanto a relação parte aérea/ raiz. Contudo, foi observada diferença ($p < 0,01$) entre os cortes. Houve um decréscimo no valor da relação do 1º para o 2º corte, apresentado valores de 0,77 e 0,68, respectivamente; contrastando com uma relação de 0,88 para o 3º corte. Tal alternância nos valores da relação pode ser atribuída ao aumento do fotoperíodo, pois quando este se torna longo geralmente relação parte aérea/raiz aumenta e a relação folha/haste diminui com o aumento no comprimento do dia (BUXTON; FALES, 1994).

4.2.3 Teor de Nitrogênio e Proteína Bruta

Para ambas variáveis não foi verificado o efeito de os níveis de depleção. Houve, contudo, a redução das médias entre os cortes conforme representado na Tabela 5. O teor de nitrogênio apresentou valores de 31,99; 29,82 e 25,37 g kg⁻¹ para o 1°, 2° e 3° corte, respectivamente. A percentagem de proteína bruta diminuiu de 19,99 % para 15,85%, do 1° para o 3° corte, respectivamente. A redução dos teores de nitrogênio e percentagem de PB pode ser justificada pela alocação de nutrientes para a formação de novos sítios ativos de crescimento e conversão em biomassa, tais como estolões, perfilhos e folhas novas.

4.2.4. Produtividade da água (PDA) e eficiência do uso do nitrogênio (EUN)

A PDA apresentou resposta decrescente com o aumento da CAD, conforme apresentado na Figura 11. Não foi encontrado um modelo polinomial significativo para o primeiro corte, que apresentou média geral de 4,48 kg m⁻³. Esta ausência de resposta a irrigação pode ser atribuída a baixa temperatura, que segundo Ruggiero et al. (2006), é um fator limitante na produção de massa verde, ocasionando falta de respostas a adubação e a irrigação na produção e composição da planta forrageira.

No segundo corte, o modelo cúbico apresentou o melhor ajuste. O menor valor de PA foi de 4,99 kg m⁻³ para o fator de depleção de 72,5% da CAD, e o maior valor foi de 4,26 kg m⁻³ para o nível de 30,1% da CAD.

O terceiro corte apresentou resposta linear e decrescente de PDA com o aumento da CAD, com máximo valor de PA de 6,32 kg m⁻³ para o tratamento de 20% da CAD e mínimo de 4,99 kg m⁻³, para 100% da CAD.

Cunha et al. (2008) estudaram o efeito de turnos de rega de 1, 4 e 7 dias, e lâminas de irrigação para restabelecer 50%, 75% e 100% da disponibilidade total de água no solo, constataram que maiores valores de PDA são encontrados em menores níveis de irrigação apenas nos últimos cortes, verificando-se uma relação diretamente proporcional entre a PDA e o fator turno de rega.

Figura 11 – Produtividade da água em função de diferentes níveis de depleção de água no solo

Ressalta-se que os valores de PDA devem ser considerados em conjunto com a produtividade obtida. Geralmente a produtividade da água aumenta com menores quantidades aplicadas, porém, uma alta PDA pode vir associada a uma menor produtividade, que pode não ser interessante do ponto de econômico. Por exemplo, pode ser necessária uma maior área de pastagem devido à sua menor capacidade de suporte, o que implica em maior custo da terra. Portanto, é interessante que sejam feitos estudos sobre produtividade da água associados à eficiência econômica de produção de forragem.

Quanto à eficiência de uso de nitrogênio (EUN), não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos de depleção. Entretanto, houve um aumento das médias entre os cortes, conforme representado na Tabela 5. O aumento de EUN foi correlacionado ao resultado da produção de MSPA que também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos de depleção.

4.2.5 Área Foliar

Não foi observado efeito dos níveis de depleção e da sua interação com os cortes. Contudo, houve a redução da área foliar do 1º para o 2º corte em todos os tratamentos, apresentando média geral dos períodos de 3,46 e 2,95 cm²,

respectivamente, com uma dose de 88 mg dm^{-3} de N aplicada em todos os tratamentos. As médias observadas foram inferiores às estimadas por Premazzi (2001), que encontrou valores de $4,58 \text{ cm}^2$ para uma dose de 70 mg dm^{-3} de N aplicado no dia do corte. Os baixos valores de área foliar podem ser decorrentes da redução da temperatura do 1º para o 2º corte. A temperatura é o maior fator determinante do crescimento da folha, influenciando a taxa de aparecimento e de alongamento das folhas. De acordo com Parsons e Chapman (2000), a temperatura afeta a produção de forragem, pelo seu efeito sobre os processos de divisão (mitose) e expansão celular. Esse efeito varia com a espécie e o hábito de crescimento.

4.2.6 Número de perfilhos

Não foi observado efeito entre os tratamentos de depleção e número de perfilhos. Contudo houve variação significativa ($p < 0,01$) entre os cortes.

Conforme observado na tabela 5, houve um aumento do número de perfilhos do 1º para o 3º corte, com médias gerais aumentando de 72 para 219,9 perfilhos. O aumento do número de perfilhos entre os cortes pode ser atribuído ao aumento da radiação recebida pela planta entre os períodos de crescimento, conforme representado na Figura 9. Segundo Nascimento Júnior e Adese (2004), a radiação é um fator determinante do crescimento e desenvolvimento das plantas, em que, independentemente da via metabólica utilizada pela planta, algumas enzimas da fotossíntese são rigidamente controladas pela luz. Os efeitos morfogênicos da qualidade da luz também controlam o perfilhamento por meio do sistema fotocromo reversível, principalmente nas porções que estão sujeitas ao sombreamento devido ao desenvolvimento do dossel (DEREGIBUS; SANSHEZ; CASAL, 1985).

4.3 Experimento 2: Manejo da adubação nitrogenada

Na análise de variância (Tabelas 6 e 7) foi observado que todas as variáveis apresentaram diferença estatística para o fator corte. O momento de aplicação de ureia exerceu influência isolada sobre a relação parte aérea/raiz, sem interação com os cortes. Entretanto, a interação entre os fatores momento de aplicação e cortes promoveu diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis MSPA, teor

de nitrogênio, PB, EUN, número de perfilhos e área foliar. Além disso, não houve efeito significativo do momento de aplicação sobre as variáveis MSR e CB/L.

Tabela 6 - Resumo de análise de variância dos quadrados médios do experimento 2 referente as variáveis MSPA, MSR, relação CB/L e relação PA/Raiz

Fator de variação	G.L.	Quadrados médios			
		MSPA	MSR	CB/L	PA/Raiz
Corte (C)	2	11,27**	7,54**	0,24**	0,12 ^{ns}
Momento de aplicação de ureia(MAU)	5	1,09**	0,11 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,20**
C x MAU	10	0,14**	0,46 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Blocos	3	0,04	3,66*	0,05 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Resíduo	51	0,03	0,09	0,03	0,04
Média Geral	-	12,04g	20,23g	1,22	0,6
Lambda (λ)	-	0	0	-	-
Coeficiente de Variação (%)	-	7,79	10,92	13,9	33,69

Tabela 7 - Resumo de análise de variância dos quadrados médios do experimento 2 referente as variáveis teor de nitrogênio, PB, EUN e número de perfilhos

Fator de variação	G.L.	Quadrados médios			
		Teor de N	PB	EUN	Perfilhos
Corte (C)	2	483051,91**	67350,25**	11,27**	8,89**
Momento de aplicação de ureia(MAU)	5	226188,21**	31536,64**	1,09**	0,82**
C x MAU	10	63810,16**	8896,82**	0,14**	0,13**
Blocos	3	15095,78 ^{ns}	2104,75 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Resíduo	51	18117,80	2526,10	0,031	
Média Geral	-	28,57g	17,85%	32,55 kg MS/kg N	125
Lambda (λ)	-	0,25	2,09	0	0
Coeficiente de Variação (%)	-	23,79	23,82	5,43	4,55

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$)

ns não significativo ($p \geq 0,05$)

G.L. Graus de Liberdade

Lambda (λ) - fator de transformação da família Box-Cox.

Grande parte das variáveis estudadas apresentou diferença estatística em função dos cortes, conforme está representado na Tabela 6. Para melhor discussão os resultados obtidos pelo teste de médias, foram discutidos nos tópicos seguintes.

Tabela 8 - Teste de médias das variáveis estudadas em função dos cortes para o experimento 2

Corte	MSPA (g/vaso)	MSR (g/vaso)	CB/L	PA/Raiz	Teor de N g.kg ⁻¹
1°	5,48 c	10,80 c	1,11 c	0,54 b	31,82 a
2°	9,31 b	17,51 b	1,32 a	0,58 b	29,34 b
3°	21,33 a	32,39 a	1,21 b	0,68 a	24,55 c

Corte	PB %	EUN kg MS.kg N ⁻¹	N ° de perfilhos	Área foliar (cm ²)
1°	19,88 a	15,61 c	60,29 c	3,01 a
2°	18,33 b	28,18 b	106,41 b	2,57 b
3°	15,34 c	63,41 a	210, 54 a	--*

* Dado indisponível devido a defeito no aparelho medidor

4.3.1 Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca de raiz (MSR)

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,01$) na interação dos momentos de aplicação de ureia ao longo dos cortes. No primeiro corte, observou-se que a aplicação de ureia aos 12 dias após o corte de nivelamento teve a mesma resposta do tratamento sem aplicação (Testemunha), indicando que um prazo muito longo entre o corte e a adubação nitrogenada pode afetar a produtividade das plantas. Devido à curta duração do ciclo entre cortes, uma adubação tardia pode impossibilitar a conversão do nitrogênio assimilado em biomassa vegetal. A partir do segundo e do terceiro cortes, constatou-se que esse atraso na resposta não ocorreu e, independentemente do período de aplicação, a resposta da gramínea foi a mesma (Figura 12).

As condições climáticas encontradas no início do período experimental apresentaram valores de temperatura e radiação baixos para o desenvolvimento da planta. Como consequência disto, houve uma redução de sua atividade metabólica e, consequentemente, da demanda nutricional imediata, possibilitando que a aplicação de nitrogênio aos 12 dias após o corte tivesse um efeito residual. Isto favoreceu a similaridade dos resultados encontrados nas médias dos tratamentos em que ocorreu a aplicação N. Este acúmulo de nitrogênio pode ser constatado com o aumento dos teores de nitrogênio e PB na parte aérea da planta, encontrados nos últimos momentos de aplicação, conforme representado nas figuras 14 e 15 (Item 4.3.3).

Nos resultados de MSR, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, houve efeito significativo dos cortes ($p < 0,01$) em decorrência da idade da planta e das condições climáticas, com aumento da temperatura do ar e da radiação solar disponível (Tabela 7).

Figura 12 - Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) em função de diferentes momentos de aplicação de ureia e períodos de crescimento. Letras minúsculas comparam efeito entre os cortes, e maiúsculas comparam os momentos de aplicação de ureia

4.3.2 Relação parte aérea/raiz (PA/R) e Relação colmo+bainha / lâmina foliar (CB/L)

A relação PA/R não apresentou diferença significativa entre os cortes. Contudo houve diferença significativa ($p < 0,01$) entre a testemunha (sem N) e os tratamentos com aplicação de ureia. Os tratamentos que receberam a adubação apresentaram valores de PA/R entre 0,69 e 0,58; o tratamento sem aplicação de ureia apresentou PA/R igual a 0,34 (Figura 13). Esses resultados estão em concordância com Aung (1974), que comentou que o uso de fertilizantes nitrogenados aumenta a relação parte aérea/raiz, em virtude da maior utilização de carboidratos pela parte aérea em detrimento da raiz.

Figura 13 – Relação parte aérea/raiz em função do momento de aplicação de ureia

Não foi encontrada diferença significativa entre momentos de aplicação de ureia para a relação colmo+bainha/lâmina (CB/L). Contudo, observou-se uma diferença significativa ($p < 0,01$) entre os cortes. Tal efeito pode ser decorrente da resposta da planta às condições climáticas envolvidas para cada período de crescimento. Os valores encontrados para CB/L foram de 1,12; 1,32 e 1,22; para o primeiro, segundo e terceiro cortes, respectivamente. Desta forma, conclui-se que para a relação CB/L, o fator preponderante foi o nutricional, e não o climático.

4.3.3 Teor de Nitrogênio e Proteína Bruta

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,01$) na interação entre os cortes e o momento de aplicação da adubação nitrogenada, quanto à avaliação do teor de nitrogênio na MSPA. Constatou-se que no primeiro corte, as maiores concentrações foram encontradas para os momentos de aplicação de ureia aos 9 e 12 dias após o corte de nivelamento, com valores iguais a 35 e 34g kg⁻¹, respectivamente (Figura 14). O tratamento testemunha (sem N) também apresentou um teor elevado, em decorrência da baixa produção de MSPA e da absorção de nitrogênio residual, presente no solo em decorrência da adubação de base do experimento. No segundo corte, os tratamentos de aplicação: no dia do corte, 9 e 12 dias após o corte tiveram a mesma resposta, com valores de 32,5; 30,4 e 35,7g kg⁻¹, respectivamente. No terceiro corte os tratamentos que receberam adubação não se diferenciaram estatisticamente em relação ao tratamento sem aplicação de ureia.

Figura 14 - Teor de nitrogênio de MSPA em função de diferentes momentos de aplicação de ureia e períodos de crescimento. Letras minúsculas comparam efeito entre os cortes, e maiúsculas comparam entre os momentos de aplicação de ureia

De forma geral, houve uma redução dos teores de nitrogênio ao longo dos cortes. Tal efeito pode ser atribuído ao crescimento da biomassa vegetal, e também às condições climáticas encontradas durante o experimento, tais como baixas temperaturas, o que indica redução da atividade fisiológica de absorção de nutrientes. De acordo com Parsons e Chapman (2000), o crescimento geralmente é mais sensível às temperaturas baixas do que a fotossíntese, o que pode permitir o acúmulo de fotoassimilados em órgãos de reserva em condições de crescimento reduzido.

A resposta da percentagem de proteína bruta (Figura 15) foi semelhante à resposta ao teor de nitrogênio. Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,01$) na interação entre os tratamentos de manejo de adubação e os cortes. No 1º corte, os maiores valores de PB foram encontrados nos tratamentos de aplicação de nitrogênio aos 9 e 12 dias após o corte de nivelamento. No 2º corte, a PB apresentou os maiores valores quando o nitrogênio foi aplicado no dia do corte anterior e aos 9 e 12 dias após o corte anterior. No 3º corte não houve diferença estatística entre os tratamentos que receberam nitrogênio, e o tratamento sem N apresentou a menor PB. Premazzi (2001), verificou que a concentração de nitrogênio na parte aérea aumentava quando o nitrogênio foi aplicado sete dias após o corte, sua justificativa para esta resposta está no fato das plantas terem apresentado seu potencial de

produção ao final do período experimental, contudo, apresentando-se em fase de crescimento vegetativo diferente no momento do corte, com plantas consideradas mais jovens quando a adubação nitrogenada foi aplicada sete dias após o corte.

Figura 15 – Proteína bruta em função de diferentes momentos de aplicação de ureia e períodos de crescimento. Letras minúsculas comparam efeito entre os cortes, e maiúsculas comparam entre os momentos de aplicação de ureia

4.3.4 Eficiência do uso do nitrogênio (EUN)

Para a análise estatística deste parâmetro, foram utilizados dados apenas dos tratamentos que receberam adubação nitrogenada. Os resultados de EUN observados correlacionam-se com os resultados de MSPA, mostrando-se crescentes ao longo dos cortes em função da melhora das respostas de MSPA às condições climáticas. Não foram verificadas diferenças significativas na interação entre momento de aplicação de ureia e cortes.

Como as condições climáticas reinantes durante o experimento foram-se modificando, houve favorecimento às plantas do terceiro corte, devido à maior disponibilidade de temperatura e radiação solar, com aumento da evapotranspiração (Figura 9) e da absorção de N, que ocorre principalmente por fluxo de massa.

4.3.5 Área Foliar

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,01$) na interação entre os

momentos de aplicação de ureia e os cortes. Para o 1º corte, não houve diferença entre os momentos de aplicação, apresentando uma área foliar média de 3,01 cm². Houve, contudo, a redução da área foliar no 2º corte em todos os tratamentos, à exceção do momento de aplicação de ureia ao terceiro dia após o corte, que apresentou média de 3,43 cm² (Figura 16). Segundo Premazzi (2001), em condições de fornecimento similar de nitrogênio pode-se sugerir que a redução da área foliar é resultado do modelo de partição de fotoassimilados. A autora afirma que, num primeiro momento, a planta absorve N e, no momento seguinte, partilha os fotoassimilados entre suas diversas estruturas, de modo a suprir suas necessidades fisiológicas. Tal afirmativa foi corroborada por Cruz e Boval (1999), que observaram que, em plantas estoloníferas, tanto estolões como folhas são sítios ativos de absorção de assimilados, o que pode levar a uma menor resposta de taxa de expansão foliar em caso de competição. No presente experimento, as plantas possivelmente absorveram N no primeiro período de crescimento e, no segundo período de crescimento, partilharam os fotoassimilados para os vários sítios de crescimento da planta, o que pode ter levado à redução da área foliar.

Figura 16 – Área da lâmina foliar em função de diferentes momentos de aplicação de ureia e períodos de crescimento. Letras minúsculas comparam efeito entre os cortes, e maiúsculas comparam entre os momentos de aplicação de ureia

4.3.6 Número de perfilhos

Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os tratamentos de

momento de aplicação ureia e o número de perfilhos (Figura 17). Verificou-se que, no primeiro corte, o momento de aplicação da adubação nitrogenada aos 12 dias após o corte de nivelamento gerou resposta semelhante à do tratamento sem aplicação de ureia. O atraso da resposta da planta à aplicação de N pode ser atribuído à redução de sua atividade metabólica durante o período de avaliação, como resultado das baixas temperaturas e da menor radiação solar disponível. Com o aumento da radiação no segundo e no terceiro cortes, ocorreu um aumento no número de perfilhos, porém não houve diferença entre os tratamentos que receberam adubação, isto ser atribuído ao acúmulo de nutrientes nas reservas vegetais e no solo, que garantiu a disponibilidade de nitrogênio desde o início desses períodos de crescimento.

Figura 17 – Número de perfilhos em função do momento de aplicação de ureia

Além dos fatores climáticos citados, ressalta-se a importância da alocação de fotoassimilados de plantas forrageiras tropicais em período de estabelecimento. Tal como discutido no item 4.3.5, as plantas absorvem o nitrogênio e alocam os fotoassimilados primeiramente nas estruturas de reserva, de modo a favorecer sua sobrevivência. Portanto, o número de perfilhos também pode justificar a redução de área foliar ocorrida no segundo período de amostragem.

4.4 Considerações finais sobre os resultados

Dentro das condições em que o experimento foi realizado (inverno), fatores de depleção mais altos podem ser utilizados sem que haja comprometimento da quantidade e da qualidade da forragem produzida. Da mesma forma, o momento de aplicação da ureia pode ser flexibilizado, estendendo-se por mais tempo sem que isto comprometa o desenvolvimento da pastagem.

A flexibilidade de manejo da irrigação e do momento de aplicação de ureia no inverno, pode garantir ao produtor economia dentro do manejo das pastagens, uma vez que poderão ser adubados vários piquetes conjuntamente, sem que ocorra prejuízo produtivo nos mesmos. Além disso, facilitará a prática da fertirrigação, na qual é praticamente impossível a aplicação de fertilizantes em apenas um piquete.

Com a adoção de boas práticas de manejo no inverno, as pastagens poderão ser melhor responsivas quando as condições climáticas forem mais favoráveis.

Evidentemente, serão necessários testes em campo que ratifiquem estas informações e orientem com melhor precisão a irrigação e a adubação dentro do manejo de pastagens.

5 CONCLUSÕES

Para as condições climáticas observadas no experimento, conclui-se que os fatores de depleção de água no solo e os momentos de aplicação de ureia apresentaram efeitos significativos sobre algumas das variáveis analisadas e relacionadas ao desenvolvimento do capim Tifton 85.

Houve efeito significativo dos níveis de depleção de água no solo para as variáveis MSR e PDA, e não foi observado efeito significativo dos níveis de depleção sobre a produção de MSPA, relação PA/R, relação CB/L, teor de nitrogênio na parte aérea, PB, EUN, área foliar e número de perfilhos.

O momento de aplicação de ureia exerceu efeito significativo sobre a produção de MSPA, teor de nitrogênio na parte aérea, PB, EUN, área foliar e número de perfilhos nos cortes de estabelecimento, gerando um efeito na quantidade e na qualidade da forrageira. Esses tratamentos não causaram efeito significativo sobre a produção de MSR, a relação CB/L e a relação PA/R.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, C.A.B.; CUNHA, F.F.; MARTINS, C.E.; COSER, A.C.; ROCHA, W.S.D.; ARAÚJO, R.A.S. Irrigação de pastagens: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 98-108, 2009. Suplemento.
- ALVIM, M.J.; VILELA, D.; LOPES, R.S. Efeitos de dois níveis de concentrado sobre a produção de leite de vacas da raça Holandesa em pastagem de coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 967-975, set./out. 1997.
- ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A.; MARTINS, C.E. Resposta do coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 833-840, set./out. 1998.
- AL-YAHYAI, R.; DAVIES, F.S.; BRUCE SAFFER, B.; JONATHAN CRANE, J. Effect of soil water depletion on growth, yeild, and fruit quality of carambola in gravelly loam, soil. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, Tallahassee, v.118, p.237-241, 2005.
- AUNG, L.H. Root-shoot relationships. In: CARSON, E.W. **The plant root and its environment**: proceedings of an institute sponsored by the Southern Regional Education Board, 1971. Charlottesville: The University Press of Virginia, 1974, p. 29-62.
- BOX, G.E.P.; COX, D.R. An Analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, Oxford, v. 26, n.2, p.211-252, 1964.
- BURTON, G.W.; GATES, R.N.; HILL, G.M. Registration of Tifton 85 bermudagrass. **Crop Science**, Madison. v.33, p.644-645, 1993
- BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant enviroment and quality. In: FAHEY Jr, G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society Agronomy, 1994. chap.1, p.155 – 199.
- CASAROLI, D.; JONG VAN LIER, Q. Critérios para a determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 59-66, 2008.
- CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). **Pastagens**: fundamentos da exploração racional. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 121-153.
- COWAN, R. T. Responses to concentrate feeding. In: IGH PRODUCTION PER COW SEMINAR, 1990, Sidney. **Proceedings...** Sidney: Queensland Department of Primary Industries, 1990. p. 14-26.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetical traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 1., Curitiba, 1999. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1999. p. 134-150.

CUNHA, F.F.; SOARES, A.A.; SEDIYAMA, G.C.; MANTOVANI, E.C.; PEREIRA, O.G. Efeito de diferentes níveis de irrigação e turnos de rega na eficiência de uso da água pelo capim-tanzânia. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 449-457 out./dez. 2008.

DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: HODGSON, J.; BAKER, R.D.; DAVIES, A.; LAIDLAW, A.S.; LEAVER, J.D. **Sward measurement handbook**. Maidenhead: British Grassland Society, 1981. p. 179-208.

DEREGIBUS, V.A.; SANSHEZ, R.A.; CASAL, J.J. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in humid natural grassland. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 22, p. 199-206, 1985.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOURADO-NETO, D.; FANCELLI, A.L.; MÜLLER, M.S. Manejo da irrigação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 189-216.

DRUMOND, L.C.D.; AGUIAR, A.P.A. **Irrigação de pastagens**. Uberaba: L.C. Drumond, 2005. 210 p.

FERNANDES, A.L.T.; DRUMOND, L.C.D.; AGUIAR, A.P.A. Irrigação de pastagens: implicações de demanda, escassez e qualidade da água. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C.; SILVA, S.C.; FARIA, V.P. **As pastagens e o meio ambiente**. Piracicaba: FEALQ, 2006. cap. 12, p. 353 – 393.

FONSECA, D.M. da; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas forrageiras**. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 537 p.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006. 9 p. (Circular Técnica, 63).

GARGANTINI, P.E.; HERNANDEZ, F.B.T.; VANZELA, L.S.; LIMA, R.C. Irrigação e adubação nitrogenada em capim Mombaça na região Oeste do estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15., 2005, Teresina. **Anais...** Viçosa: ABID, 2005. 1 CD-ROM.

GUILHERME, L.R.G.; VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1995. 171 p.

HERRERA, R.S.; RAMOS, N.; HERNANDEZ, Y. Respuesta de la bermuda cruzada a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. V. Rendimientos de matéria seca, hojas, proteína bruta e eficiencia de utilização del nitrógeno. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, Havana, v. 20, n. 2, p. 180-189, 1986.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 abr. 2013

KALAIPOS, T.; BOOGAAR, R.; LAMBERS, H. Effect of soil on growth, biomass allocation and leaf gas exchange for the annual grass species. **Plant and Soil**. The Hague. v. 185, p. 137-49, 1996

KRUSKAL, W.H.; WALLIS, W.A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, New York, v. 47, n. 260, p. 583-621, Dec. 1952.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turn-over. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. Viçosa: Ed. por José Alberto Gomide, 1997. p. 117-144.

LIMA, C.J.G. **Manejo da fertirrigação no cultivo de roseiras em ambiente protegido**. 2013. 168 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

LOURENÇO, L.F. **Avaliação da produção de capim Tanzânia em ambiente protegido sob disponibilidade variável de água e nitrogênio do solo**. 2004. 76 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MARTINEZ, R.O.; RUIZ, R.H.; HERRERA, R. Milk production of cows grazing coast-cross no 1 Bermuda grass (*Cynodon dactylon*). I. Different concentrate supplementation levels. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, Havana, v. 14, n. 2, p. 225-232, 1980.

MISLEVY, P.; PATE, F.M. Establishment, management, and utilization of *Cynodon* grasses in Florida. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *Cynodon*, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA, CNPGL, 1996. p.127-138.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 15-95.

NASCIMENTO JR., D.; ADESE, B. Acúmulo de biomassa na pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p. 289-330.

PARSONS, A.J., CHAPMAN, D.F. The principles of pasture growth and utilization. In: HOPKINGS, A. (Ed.). **Grass: its production and utilization**. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 31-88.

PIETERSE, P.A.; RETHMAN, N.F.G.; VAN BOCH, J. Production, water use efficiency and quality of four cultivars of *Panicum maximum* Jacq. at different levels of nitrogen fertilization. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 31, n. 2, p. 117-123, 1997.

PREMAZZI, L.M. **Crescimento do capim Tifton 85 submetido a doses e épocas de aplicação de nitrogênio após o corte**. 2001. 93 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2005. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 02 out. 2013.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A.; SOARES FILHO, C.V. Estabelecimento de pastagens de *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 15., 1998, Piracicaba. **Manejo de pastagens de Tifton, Coastcross, e Estrela: anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 115-128.

RUGGIERO, J. A.; ROSA, B.; FREITAS, K. R.; NASCIMENTO, J. L. Avaliação de lâminas de água e de doses de nitrogênio na composição bromatológica do capim-mombaça. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 1, p. 9-19, 2006.

SANTOS, P.M.; BERNARDI, A.C.C.; NOGUEIRA, A.R.A.; MENDONÇA, F. C.; LEMOS, S.G.; MENEZES E. A.; TORRE-NETO, A. Uso de nitrogênio em pastagens: estratégias de aplicação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24., 2007, Piracicaba **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2007. p. 131-152.

SENTELHAS, P.C.; MARIN, F.R.; PEREIRA, R.; ANGELOCCI, L.R.; VILA NOVA, N.A.; BARBIERI, V. **Análise de dados climáticos e do balanço hídrico climatológico de Piracicaba (1917-1997)**. Piracicaba: ESALQ, DFM, 1998. 81 p.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, London, v. 52, p. 591-611, 1965.

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

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, L.D.B. **Evapotranspiração do capim tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) e grama batatais (*Paspalum notatum* Flugge) utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem**. 2003. 93 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SOUZA, E.M. **Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca e qualidade da forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq.** 2003. 60 p. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção Animal) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2003.

STOBBS, T.H. Milk production per cow and per hectare from tropical pastures. (milk production from tropical pastures). In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE GANADERIA TROPICAL Y PRODUCCIÓN DE FORRAJES, 1976, México. **Memoria...** México: Secretaria de Agricultura e Ganaderia; Banco del México, 1976. p. 129-146.

STUDENT. The probable error of a mean. **Biometrika**, London, v. 6, p. 1–25, 1908.

SULTAN, S.E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. **Trends in Plants Science**, Oxford, v. 5, p. 537-542, 2000.

VALLADARES, F.; GIANOLI, E.; GÓMEZ, J.M. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. **New Phytologist**, Cambridge, v. 176, p. 749–763, 2007.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; GARGANTINI, P.E.; LIMA, R.C. Qualidade de forragem de capim Mombaça sob irrigação na região oeste do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15., 2006, Teresina. **Anais...** Teresina: ABID, 2006. 1 CD-ROM.

VILELA, D.; ALVIM, M.J.; CAMPOS, O.F.; REZENDE, J.C. Produção de leite de vacas holandesas em confinamento e em pastagem de coast-cross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 6, p. 1228-1244, nov./dez. 1996.

ANEXOS

Anexo A - Croqui da área experimental