

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
Colegiado dos Cursos de Pós Graduação

**SOMBREAMENTO E FERTILIZAÇÃO NITROGENADA SOBRE  
ATRIBUTOS DE SOLOS E PRODUTIVOS DA *BRACHIARIA  
BRIZANTHA* CV. MARANDU**

GUILHERME LANNA REIS

**Belo Horizonte  
Escola de Veterinária-UFMG  
2011**

**Guilherme Lanna Reis**

**Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre atributos de solos e  
produtivos da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**

Tese apresentada à Escola de Veterinária - UFMG,  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
Doutor em Zootecnia  
Área de concentração: Produção Animal  
Orientadora: Profa. Ângela Maria Quintão Lana  
Co-orientador: Prof. Rodrigo Matta Machado  
Co-orientador: Prof. Rogério Martins Maurício

Belo Horizonte

Escola de Veterinária - UFMG

2011

Reis, Guilherme Lanna, 1978-

R375s      Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre atributos de solos e produtivos da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu / Guilherme Lanna Reis. - 2011.

75 p. : il.

Orientadora: Ângela Maria Quintão Lana

Co-orientadores: Rodrigo Matta Machado, Rogério Martins Maurício

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

1. Pastagens – Adubação – Teses. 2. Pastagens – Fertilizantes – Teses.
3. Pastagens – Manejo – Teses. I. Lana, Ângela Maria Quintão. II. Machado, Rodrigo Matta. III. Maurício, Rogério Martins. IV. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. V. Título.

CDD – 633.2

Tese defendida e aprovada em 6 de maio de 2011, pela Comissão Examinadora constituída por:

---

Prof.<sup>a</sup>. Ângela Maria Quintão Lana (orientadora)

---

Prof. Iran Borges

---

Prof. José Pires de Lemos Filho

---

Prof. Lúcio Carlos Gonçalves

---

Prof. Maurício Novaes Souza

---

Dr. Ramon Costa Alvarenga

## **DEDICO...**

Praticamente repito a dedicatória da dissertação de mestrado, mas com mais convicção e vivência. Aos meus pais, Rubens e Auxiliadora, por tudo que me proporcionaram começando pela oportunidade de viver. Agora que sou pai, entendo melhor as lutas que passaram e o amor dedicado aos filhos. À minha irmã, Larissa, pelo carinho. À Flávia, que se tornou minha esposa durante o doutorado, pelo amor e companheirismo nas lutas e nos planos, e pela família que estamos constituindo. À Helena, Sofia e João Pedro, meus filhos, que nasceram 10 dias após a defesa dessa tese, por serem fonte de motivação, estímulo, de energias positivas.

## AGRADEÇO...

A Deus, que, por meio de sua criação, nos oferece uma fonte de sabedoria e de exemplo de harmonia e equilíbrio.

A toda minha família, pelo afeto.

À Professora Ângela Maria Quintão Lana, pela lealdade, apoio e dedicação em culminar mais essa etapa.

Ao Professor Rogério Martins Maurício, por abrir as portas do CATIE e Cipav.

Ao Professor Rodrigo Matta Machado, por estar presente nos 11 anos de minha formação acadêmica.

Ao Professor Iran Borges, polivalente, por toda ajuda e pelos conhecimentos dentro e fora da sala.

Às Professoras Regina Maria Quintão Lana e Adriane Andrade, pela dedicação e auxílio, no sentido mais amplo.

Ao Professor Lúcio Carlos Gonçalves pelas observações no meu projeto e pelos conselhos de começar pelo mais simples.

Ao Professor José Pires de Lemos Filho pela dedicação e auxílio ao longo do projeto.

Ao Professor Maurício Novaes Souza pelo vínculo profissional e pessoal que conseguimos formar.

Ao Professor Ramon Costa Alvarenga pelas contribuições na tese.

Ao Professor Ivan Barbosa Machado Sampaio, professor emérito da Escola de Veterinária – UFMG, por toda sabedoria e apoio.

À Professora Eloísa Saliba pelo auxílio na execução das análises bromatológicas.

A todos demais professores da Escola de Veterinária – UFMG e demais profissionais que participaram na minha formação pessoal e profissional.

Aos pesquisadores do CATIE, que muito contribuíram com minha formação - Dr. Muhammad Ibrahim, Dr. Guillermo Navarro, Dr. Francisco Alpizar, grupo Cambio Global, Dr. Clisério González.

Aos pesquisadores da Fundação Cipav - Enrique Murgueitio, Maria Mercedes Murgueitio, José Alírio Rojas, Mauricio Trujillo, Álvaro Zapata, Carlos Hernando Molina, Enrique José Molina.

Aos estudantes de iniciação científica, carinhosamente apelidados de meus “amigos das madrugadas” Gustavo, Chicão, Frederico e Raíssa, pois começávamos a trabalhar antes do sol devido às demandas do experimento. A única dificuldade que Gustavo Henrique Ferreira Abreu Moreira me proporcionou foi memorizar o nome completo. Chicão ajudava a tornar o trabalho mais alegre. Raíssa e Fred sempre ajudaram bastante também, as esponjas com amônia que o digam.

À Glenda Prado que me ajudou no início do experimento.

À Tássia Ludmila pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Aos companheiros de pós graduação Luciano Fernandes de Sousa, Guilherme Rocha Moreira, Veridiana Basoni Silva pela ajuda.

Aos colaboradores do experimento propriamente dito: Chico, Chica, Leonísio e Thiago por toda ajuda e boa vontade. Ao Rafael, Henrique e Marquinhos pela ajuda e alegria. Ao “Seu Messias”, por toda cooperação, pureza e sabedoria peculiar.

Aos colegas da turma Carneiro Viana, especialmente aos que foram companheiros do doutorado - Valente, Kiko, Baiano, Celo, Raquel.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária, Dorinha, Toninho, Kelly, Carlos, Marcos e Margot.

À Heloísa e Paula, do colegiado de pós-graduação, por nos ajudarem com as pendências.

Ao Marcos da secretaria de zootecnia, que sempre me ajudou no que precisei.

A todos os amigos da Fundação Logosófica, pelos conhecimentos.

Ao GES, pela amizade de mais de 20 anos.

À Ice, minha gordinha. Agora o “mofilinho” é “doutor”.

À Dona Luzia, Zé, Robinho, Dani, Livia e demais amigos e, agora, familiares, de Ouro Branco, pela paz e carinho.

Ao CNPq e à FAPEMIG pelo apoio financeiro.

À Walkíria, Ana Lúcia, Rosilene e demais funcionários da biblioteca, pela boa vontade.

Assim como o mestrado, a vida continuou corrida. Foram mais quatro anos da vida de vários seres humanos, com família, amigos, sentimentos e pensamentos. Compreendo, no momento, que esta convivência não exista por acaso. Tudo tem uma razão de ser.

Estivemos juntos para aprender uns com os outros, por meio de erros e acertos, próprios e alheios. Obrigado a todos, mesmos os não citados nominalmente, que fizeram parte da minha vida.

## EPÍGRAFE

Muitas vezes, quando iniciamos um projeto, só vislumbramos o futuro - a vida quando terminar o mesmo. Fica em segundo plano, o presente, o que se vive durante a execução. Foram pouco mais de quatro anos em que minha vida mudou em vários sentidos: casei-me e dez dias depois de apresentar a tese, nasceram meus filhos: Helena, Sofia e João Pedro. Essas foram as experiências mais marcantes sob o ponto de vista pessoal. Pude aprender muito com as pessoas que convivi.

Sempre recordarei de meu pai que me dizia: "todo dia dê um passo adiante". Ficou para mim a importância da constância. Fica também a lição de "*colocar os problemas dentro da vida e não a vida dentro dos problemas*". Quando consegui manter a calma, pensar e planejar deu tudo certo. Mas em alguns momentos a pressão que nos é imposta, algumas vezes até por nós mesmos, compromete o rendimento e aumenta o desgaste. Assim, é importante "*Unir o esforço à inteligência, trabalharás menos e farás mais*".

Espero que esse trabalho, de alguma maneira, possa contribuir para "*conseguir que as gerações futuras sejam mais felizes que a nossa, será o prêmio mais grandioso a que se possa aspirar.*"

Os trechos em itálico são de autoria de Carlos Bernardo González Pecotche – criador da Logosofia

---

## SUMÁRIO

---

<b>1.</b>	<b>RESUMO GERAL .....</b>	<b>13</b>
	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
	<b>CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA: Aspectos sobre a fertilização nitrogenada, sombreamento e manejo de pastagens tropicais... 14</b>	
1.	Introdução .....	14
2.	Tendência de intensificação do uso da terra.....	14
3.	Aspectos ambientais relacionados às pastagens.....	14
4.	Manejo de pastagens .....	16
4.1	Aspectos do intervalo de pastejo.....	17
4.2	Aspectos da fertilização nitrogenada em pastagens.....	17
4.3	Considerações sobre sombreamento de pastagens por meio de árvores .....	22
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	24
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	25
	<b>CAPÍTULO 2 - Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre atributos químicos de solo em uma pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....</b>	<b>28</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>28</b>
	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>28</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
2.1	Caracterização e localização dos sistemas .....	30
2.2	Coleta dos dados .....	32
2.3	Análises laboratoriais .....	33
2.4	Análises estatísticas .....	34
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>41</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>
	<b>CAPÍTULO 3 – Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre a produtividade e caracteres bromatológicos da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....</b>	<b>43</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>43</b>
	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>43</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>45</b>
2.1	Caracterização e localização dos sistemas .....	45
2.2	Coleta dos dados .....	47
2.3	Análises laboratoriais .....	48
2.4	Análises estatísticas .....	49
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>67</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>68</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXO COM ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS.....</b>	<b>72</b>

---

---

**LISTA DE TABELAS**

---

<b>Capítulo 2</b>	<b>Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre atributos químicos de solo em uma pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....</b>	<b>28</b>
Tabela 1	Caracterização inicial dos atributos químicos de solo sob <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu (Caeté/MG-2008).....	31
Tabela 2	Médias de variáveis climáticas, radiação fotossinteticamente ativa (RFA), radiação global (RG), temperatura e umidade relativa do ar (URA) (Caeté/MG, 2009).....	33
Tabela 3	Estimativas de equações de regressão para o efeito médio de sombreamento das variáveis: radiação fotossinteticamente ativa (RFA), radiação global (RG), temperatura e umidade relativa do ar (URA) (Caeté/MG, 2009).....	33
Tabela 4	Parâmetros de regressão de solo sob <i>B. brizantha</i> cv. Marandu (BBM) de acordo com a interação significativa dos fatores fertilidade e sombreamento, em função da dose de nitrogênio (Caeté/MG – dezembro de 2009).....	35
Tabela 5	Parâmetros de regressão de solo sob <i>B. brizantha</i> cv. Marandu (BBM) em função da dose de nitrogênio, independente para dose de nitrogênio e sombreamento (Caeté/MG – dezembro de 2009) .....	35
Tabela 6	Parâmetros de regressão de solo sob <i>B. brizantha</i> cv. Marandu (BBM) em função da dose de nitrogênio e camada, independente do percentual de sombreamento (Caeté/MG – dezembro de 2009) .....	36
Tabela 7	Parâmetros de regressão de solo sob <i>B. brizantha</i> cv. Marandu (BBM) em função da dose de nitrogênio, em todas as doses de fertilidade e camada (Caeté/MG – dezembro de 2009) .....	36
Tabela 8	Estimativas de médias de pH H <sub>2</sub> O, K:Mg e K, em função de profundidade e dose de nitrogênio, independente do percentual de sombreamento, em solo sob <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu (Caeté/MG – dezembro de 2009).....	37
Tabela 9	Médias de fósforo (P), enxofre (S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ), magnésio (Mg <sup>+2</sup> ) e matéria orgânica (MO), em função de profundidade, independente do percentual de sombreamento e da dose de nitrogênio, em solo sob <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu (Caeté/MG – dezembro/2009) .....	38
Tabela 10	Médias para pH H <sub>2</sub> O, pH CaCl <sub>2</sub> , relação K:Mg, magnésio (Mg), matéria orgânica (MO) e enxofre (S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ), para a camada de 0-2cm, em função da dose de nitrogênio, em solo sob <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu (Caeté/MG – dezembro/2009) .....	38
<hr/>		
<b>Capítulo 4</b>	<b>Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre a produtividade e caracteres bromatológicos da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....</b>	<b>43</b>
Tabela 1	Caracterização inicial dos atributos químicos de solo sob <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu (Caeté/MG-2008) .....	46
Tabela 2	Médias mensais de variáveis climáticas, radiação fotossinteticamente ativa (RFA), radiação global (RG), temperatura e umidade relativa do ar (URA) (Caeté/MG, 2009).....	50
Tabela 3	Estimativas de equações de regressão para o efeito médio de sombreamento das variáveis: radiação fotossinteticamente ativa (RFA), radiação global (RG), temperatura e umidade relativa do ar (URA) (Caeté/MG, 2009).....	51

---

---

Tabela 4	Atributos produtivos e análise bromatológica de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu (BBM) em distintas condições de sombra e doses de nitrogênio durante as estações chuvosa (1) e seca (2) (Caeté/MG-2009) .....	51
Tabela 5	Médias de altura (em cm) da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu (BBM) em distintas doses de nitrogênio nas estações chuvosa e seca (Caeté/MG-2009).....	54
Tabela 6	Atributos produtivos de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu (BBM) em distintas condições de sombreamento e doses de nitrogênio (Caeté/MG-2009).....	54
Tabela 7	Atributos produtivos de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu (BBM) em distintas condições de sombreamento e doses de nitrogênio (Caeté/MG-2009).....	55
Tabela 8	Média, ponto de máximo ou mínimo e estimativas de equações de regressão para índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL), produção de matéria seca (PMS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM) em função da estação do ano, sombreamento e dose de nitrogênio no ensaio conduzido na Fazenda Águas Formosas (Caeté/MG, 2009).....	59
Tabela 9	Atributos produtivos de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu (BBM) em distintas condições de sombreamento e doses de nitrogênio (Caeté/MG-2009).....	61
Tabela 10	Média, ponto de máximo ou mínimo e estimativas de equações de regressão para proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), frações A+B1+ B2 e B3 em função do sombreamento ou dose de nitrogênio no ensaio conduzido na Fazenda Águas Formosas (Caeté/MG, 2009).....	64
Tabela 11	Média, ponto de máximo e estimativas de equações de regressão para proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) em função do sombreamento e dose de nitrogênio (Caeté/MG, 2009).....	65
Tabela 12	Média, ponto de máximo ou mínimo e estimativas de equações de regressão para fibra em detergente neutro (FDN), hemiceluloses, proteína bruta (PB) em função da dose de nitrogênio e estação (Caeté/MG, 2009).....	66
Tabela 13	Correlações de Pearson entre caracteres da forragem (Caeté/MG – 2009).....	67

---

---

## LISTA DE FIGURAS

---

<b>Capítulo 2</b>	<b>Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre atributos químicos de solo em uma pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....</b>	<b>28</b>
Figura 1	Pluviosidade no local e período do estudo (Caeté/MG – 2009).....	32
<b>Capítulo 3</b>	<b>Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre a produtividade e caracteres bromatológicos da <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....</b>	<b>43</b>
Figura 1	Pluviosidade no local e período do estudo (Caeté/MG – 2009).....	32
Figura 2	Comportamento da variável produção de matéria seca (PMS) em função de percentuais crescentes de sombreamento .....	52
Figura 3	Comportamento da variável produção de matéria seca (PMS) na estação seca em função de doses crescentes de nitrogênio.....	56

---

# SOMBREAMENTO E FERTILIZAÇÃO NITROGENADA SOBRE ATRIBUTOS DE SOLOS E PRODUTIVOS DA *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. MARANDU

## RESUMO GERAL

Esse estudo avaliou a influência da fertilização nitrogenada e o sombreamento artificial sobre os atributos de solos e da forrageira em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu (BBM). O experimento foi conduzido na Fazenda Águas Formosas, em Caeté/MG, a aproximadamente 1.000 m de altitude, nas coordenadas 19°47'39''S e 43°36'77''O. O solo é classificado como Latossolo vermelho. A BBM foi submetida a quatro doses de adubação (0, 50, 70 e 100 kg de N por aplicação por hectare) e a quatro percentuais de sombreamento (0, 47, 53 e 66%) por meio de tela de nylon. O sombreamento reduziu a mineralização da matéria orgânica o que influencia na menor disponibilidade dos nutrientes nela complexados. A aplicação de N favoreceu a exportação da maioria dos nutrientes avaliados. Os teores dos nutrientes tenderam a reduzir em função do aumento da profundidade. Os fatores sombreamento, dose de N e época do ano apresentaram influência nos caracteres produtivos da forragem. No presente experimento, o aumento dos valores de produção de matéria seca (PMS) da BBM ocorreu no mesmo sentido do incremento da dose de N e da luminosidade. Para a adição de cada 1 kg de N por aplicação por hectare e 1% de redução de sombra, houve o acréscimo na PMS de aproximadamente 0,5%. A partir desses dados, pode-se fazer a opção pelo sistema de produção em termos de sombreamento e aplicação de fertilizantes nitrogenados que seja mais viável tanto economicamente quanto ambientalmente.

**Palavras-chave:** armazenamento de carbono, fertilidade do solo, luminosidade, pastagem, sistema silvipastoril

## SHADING AND NITROGEN FERTILIZATION ON SOIL ATTRIBUTES AND PRODUCTION OF *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. MARANDU

### ABSTRACT

This study assessed the influence of nitrogen fertilization and artificial shade on the attributes of soil and forage in a pasture of *Brachiaria brizantha* cv Marandu (BBM). The experiment was conducted at Fazenda Águas Formosas in Caeté, Minas Gerais State, Brazil, 19°47'39''S, 43°36'77''W, altitude 1000 m. The soil is a Red latosol by the Brazilian soil classification (Typic Acrustox - USDA classification). BBM was subjected to four levels of fertilization (0, 50, 70 and 100 kg N per hectare per application) and four levels of shading (0, 47, 53 and 66%) through a nylon mesh. Shading reduced the mineralization of organic matter, affecting the lower availability of complexed nutrients. N application favored the exportation of most nutrients assessed. Nutrient content tended to decrease with depth. Shading factors, N rate and season influenced the productive characters of forage. BBM dry matter production (DMP) increase correlated with N rate and luminosity increase. For the addition of each kg of N per hectare per application and 1% reduction in shading, there was an increase in DMP of approximately 0.5%. From these data, one can make the choice of a production system in terms of shading and nitrogen fertilization that is more feasible both economically and environmentally.

**Keywords:** carbon sinking, soil fertility, light, pasture, silvopastoral system

## CAPÍTULO I

### **Aspectos sobre a fertilização nitrogenada, sombreamento e manejo de pastagens tropicais**

#### **1. Introdução**

Globalmente, em torno de 73% das pastagens apresenta degradação do solo. Aproximadamente 70% dos 880 milhões de produtores rurais considerados pobres por viverem com menos de US\$1,00/dia dependem pelo menos parcialmente da pecuária para sobreviver (Neely et al., 2009).

Há estimativas que mais de 90% do leite nacional é produzido em sistemas a pastos – nos quais mais de 85% da alimentação é proveniente de forrageiras produzidas em pastagens (Aguiar, 2008). No mundo, devido ao contínuo aumento da demanda de carne e leite, principalmente pelos países em desenvolvimento, prevê-se um aumento anual de 0,3% das áreas de pastagens (Vinqvist e Rosales, 2001). Até 2030, a demanda global por pastagens deve aumentar em 33%, o que seria possível pelo aumento do uso de fertilizantes, consórcio de gramíneas e leguminosas e melhor manejo das pastagens (Bouwman et al., 2005).

#### **2. Tendência de intensificação do uso da terra**

A população mundial de seis bilhões de pessoas, em 2001, tem crescido em média 1,3%, ou 73 milhões de pessoas por ano, devendo atingir 7,5 bilhões em 2020 e 9,4 bilhões em 2050 (Lal, 2001). Estima-se que a demanda por alimento deve dobrar em meados do século XXI (Tilman et al., 2002). O crescimento da população aliado ao aumento do poder econômico individual refletirá no acréscimo do consumo diário de energia de 2803 para 3050 kcal dia<sup>-1</sup> per capita e de carne de 36 para 45 kg ano<sup>-1</sup> per capita, entre 1998 e 2030. Há previsões de que até 2030, a produção de alimento atenderá à demanda, todavia, haverá uma expansão da área destinada à agropecuária em 8% essencialmente sobre florestas tropicais nos países em desenvolvimento (Eickhout et al., 2006).

Pastagens extensivas ainda ocupam e degradam vastas áreas de terra, principalmente na América Latina, onde há substituição de florestas por este novo uso do solo, constantemente degradante, devido à compactação, erosão e pressão de pastejo excessiva. Entretanto, há tendência de intensificação e industrialização, com aumento tanto da quantidade de insumos utilizados quanto de resíduos gerados, pois há menor disponibilidade de terras, água e outros recursos naturais (Steinfeld et al., 2006).

A produção de ruminantes (bovinos, caprinos, ovinos e búfalos) apresenta tendência de aumentar a produção tanto por indivíduo quanto por área. No período entre 1970 a 1995, a maior parte da produção de ruminantes foi realizada em 16,7% da área de pastagens. Nas últimas três décadas, a produção de carne e leite de ruminantes cresceu em torno de 40%, ao passo que o aumento da área de pastagens foi de 4%. Isto aconteceu principalmente pelo incremento da produção em sistemas intensivos e semi-intensivos, que utilizam pouca área e maior quantidade de concentrados. Em torno de 80% do aumento da produção de carne e 94% do de leite ocorreram nestes sistemas (Bouwman et al., 2005).

### **3. Aspectos ambientais relacionados às pastagens**

Os processos de desertificação e degradação de pastagens reduzem a capacidade de capturar e reter água e carbono (C). As áreas secas ocupam 41% da superfície terrestre, onde vivem dois bilhões de pessoas. As áreas de pastagens armazenam 8% do C do mundo. O manejo adequado, do qual fazem parte medidas como redução das queimadas, da erosão, do superpastejo, poderia propiciar o sequestro anual de 1,0 bilhão de toneladas (t) de C. O manejo adequado é influenciado por questões econômicas, segurança da posse da terra e vontade política. Pastagens bem manejadas podem armazenar mais de 260 t de C ha<sup>-1</sup>. As áreas ocupadas com pastagens no mundo estocam mais de 30% do carbono do solo no mundo. Aproximadamente 71% deste C está armazenado abaixo da superfície do solo e o restante em árvores, arbustos e demais forrageiras (Neely et al., 2009).

Considera-se que os bovinos desempenham um papel essencial em relação ao desmatamento no Brasil. De forma geral, este processo teria início com a abertura de estradas para a extração de madeiras de maior valor comercial. Em seguida, haveria substituição da mata nativa pela atividade agropecuária (Nicholson et al., 2001). Na

Amazônia, em torno de 70% da área desmatada está ocupada com pastagens (Cerri et al., 2004). Em 1990, a conversão de florestas em pastos representou 79% das emissões de C pelos solos deste bioma, de forma que o desmatamento nesse bioma correspondia a aproximadamente 20% das emissões brasileiras de C por combustíveis fósseis (Fearnside e Barbosa, 1998). As pastagens extensivas são queimadas periodicamente com o objetivo de evitar a regeneração das árvores e controlar invasoras. Devido ao alto custo e dificuldade de acesso em algumas regiões, os fertilizantes são utilizados com baixa frequência para promover a produtividade das pastagens. Apesar dos esforços para manter o pasto produtivo, este normalmente se torna degradado entre cinco e 15 anos. Com o avançar do tempo, os teores de nitrogênio(N), C, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) do solo e a produtividade da pastagem declinam consideravelmente (Asner et al., 2004).

Manejo e práticas culturais inadequadas, durante a implantação e manutenção das pastagens, como uso inadequado de fertilizantes e carga animal superior à capacidade de suporte, levam à redução de fertilidade do solo. O solo fica mais exposto à medida que há perda de vigor e produtividade da cobertura vegetal. Como fica mais compactado e há queda de infiltração de água no solo, ocorrem erosão e assoreamento de cursos de água, comprometendo a sustentabilidade dos recursos naturais (MACEDO, 1995) e da atividade econômica.

Tilman et al. (2002) complementam que as práticas atuais têm causado impactos negativos nos serviços prestados pela natureza, evidenciando a necessidade de tecnologias agrícolas mais sustentáveis. Tais práticas agrícolas podem reduzir a habilidade dos ecossistemas de prover bens e serviços, tais como regeneração de solos férteis e purificação de água, realizados por florestas e pastagens.

#### **4. Manejo de pastagens**

A produtividade de uma pastagem é influenciada por vários fatores, como as condições climáticas, edáficas e de manejo (Soares et al., 2001). A eficiência de crescimento e de utilização da forragem são aspectos fundamentais a serem compreendidas para o eficiente manejo de pastagens. A primeira, cujos valores variam entre 2 e 4%, é a relação entre a energia contida na quantidade média de forragem produzida anualmente e a energia captada a partir do sol. A fotossíntese, regida pela disponibilidade de luz, temperatura,

água e nutrientes, é o principal processo fisiológico associado à produção vegetal, que envolve processos como acúmulo de reservas orgânicas, perfilhamento, produção de tecidos da parte aérea e raízes dentre outros. A eficiência de utilização da forragem é a razão entre a forragem consumida e a produzida, ficando os valores entre 40 e 80%. Finalizando o ciclo de produção animal, a última medida de eficiência é a conversão, ou seja, a razão entre a energia do produto animal (carne, leite, lã, entre outros) e a da forragem consumida. Os valores oscilam entre 7 e 15% (Silva e Nascimento Júnior, 2007a).

#### **4.1 – Aspectos do intervalo de pastejo**

Para pastagens tropicais, a eficiência de pastejo deve ser acima de 55% e a de conversão de água em MS de 25mm de pluviosidade em 1.000 kg de MS. Como a queda na digestibilidade de forrageiras tropicais é de aproximadamente 0,4% dia<sup>-1</sup>, a utilização de forragem no estágio correto favorece a produtividade animal. Estima-se que um incremento de 1% na digestibilidade da forragem aumente cerca de 100 kg de leite por lactação. Para conseguir o mesmo efeito por meio da suplementação de concentrados seria necessária a suplementação com 0,6 kg de concentrado animal<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup> (Aguiar e Silva, 2007).

De uma maneira geral, tanto para pastejo contínuo quanto rotacionado, para gramíneas temperadas ou tropicais, os resultados têm revelado que pode-se ter como referência para interromper a rebrotação a condição na qual o dossel atinge o valor de índice de área foliar (IAF) crítico (Silva e Nascimento Júnior, 2007b). As alturas em que o dossel atinge 95% de Interceptação luminosa variam entre plantas: 90 cm para o Mombaça, 70 cm para o Tanzânia, 30 cm para o Xaraés, 100 cm para o Cameroon, 25 cm para o Marandu (Santos et al., 2007). Em lotações contínuas, as pastagens de *Cynodon* sp. e *B. brizantha* cv. Marandu devem ser mantidas, respectivamente, entre 10 a 20 cm e entre 20 a 40 cm respectivamente. Aumento da adubação reduz o período de descanso (Silva e Nascimento Júnior, 2007b).

#### **4.2. Aspectos da fertilização nitrogenada em pastagens**

A indústria química é altamente dependente de petróleo tanto como matéria prima quanto como fonte de energia (Mariuzzo, 2007) para tratamentos culturais quanto de transporte. Logo,

os preços do petróleo influenciam diretamente os custos de produção de alimentos (Gonçalves, 2006). Em relação a estes insumos, o Brasil é um “tomador de preços”, pois as importações representam 74% do suprimento de fertilizantes (75% do N, 51% do fósforo (P) e 92% do K). Sucessivas elevações nos preços de insumos de fertilizantes como energia elétrica, enxofre e petróleo implicam diretamente nos custos de fertilizantes (Barbosa Neto, 2008).

Várias características morfogênicas e estruturais de gramíneas forrageiras são modificadas por meio da adubação. O P é importante no estabelecimento da pastagem, devido a sua influência no desenvolvimento inicial da planta, principalmente no perfilhamento e no crescimento de raízes. O N constitui fator chave no aumento da taxa de aparecimento e alongamento de folhas, duração de vida da folha e no processo de perfilhamento (Nascimento Junior et al., 2002). O N participa da formação das proteínas e da clorofila e a deficiência manifesta-se pelo menor desenvolvimento vegetativo e amarelecimento das folhas inferiores e velhas das plantas (Jorge, 1983).

A adubação nitrogenada é importante para assegurar não apenas o processo de divisão celular, mas sustentar por mais tempo a atividade fotossintética das folhas e, dessa forma, retardar a remobilização interna de N. O efeito do K sobre as características morfogênicas é pouco pronunciado. Os compostos nitrogenados de reserva são importantes para o suprimento de N, e também de C, para as zonas de crescimento da planta, após a desfolha, devido à redução temporária da capacidade de aquisição de N pelas plantas desfolhadas. A absorção e translocação de N pelas raízes, bem como a mobilização do N de compostos nitrogenados de reserva, são processos críticos para a nutrição de folhas de gramíneas em crescimento. Estes estudos demonstraram, claramente, que a rebrotação de gramíneas após uma desfolha severa é mais dependente, em magnitude e duração, das reservas nitrogenadas do que dos carboidratos de reserva (Nascimento Junior et al., 2002).

Geralmente, o N é o nutriente mais limitante ao crescimento das plantas (Soares et al., 2001). O custo da adubação nitrogenada é vantajoso principalmente se há aplicação de N em forrageiras com elevado potencial de produção e essas são manejadas adequadamente (Alvim e Botrel, 2001). Entretanto, é necessário conhecer a dose certa desse nutriente para evitar perdas e maximizar a eficiência na produção animal (Alvim et al., 1999) e no retorno

econômico. Nos anos 1980, o melhor retorno econômico da adubação era de 150 kg de N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> e, no início da década atual, passaram para 419 kg de N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>. A resposta das plantas forrageiras tropicais ao N é alta e linear até 400-600 kg de N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>. No solo, pode haver até 165 kg de N devido à mineralização da matéria orgânica do solo, 10 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> de N-atmosférico, excreta de animais, decomposição da parte aérea não consumida e decomposição de raízes. Essa quantidade de N implica em um potencial de produção de MS sem aplicação desse nutriente, de aproximadamente 9.000 kg de MS ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> (Aguiar, 2008).

Por outro lado, Alvim e Botrel (2001) relatam que a eficiência de conversão de kg de N para kg de MS reduz à medida que aumenta a quantidade deste nutriente: passando de 265,4 na menor dosagem (85 kg de N ha<sup>-1</sup>304dias<sup>-1</sup>) para 123,5 e 80,5 kg para as dosagens maiores (210 e 335 kg de N ha<sup>-1</sup>304dias<sup>-1</sup>, respectivamente). Esses dados condizem com a lei de retornos decrescentes descrita por Matos (2002) como aquela, na qual, biologicamente, as respostas marginais vão reduzindo para cada incremento unitário de insumo utilizado, após o ponto de inflexão da curva dose-resposta.

Para pastagens tropicais a resposta média ao N (kg de MS/kg de N) é de 30:1, com variação entre 15 e 45:1, sendo que a meta deve ser acima do valor maior. Em relação ao critério conversão de pastagem em leite, há variação de 1,2 a 2,4 kg de MS/kg de leite, sendo que a meta deve ser abaixo do valor menor. As metas para kg de leite/ kg de N aplicado deve ser superior a 19,8 (Aguiar e Silva, 2007). Alvim et al. (1999), obtiveram dados semelhantes: 18,5 a 43 kg de MS por kg de N aplicado dependendo da dose de N e do intervalo de corte. O valor médio foi de 30,6 kg.

Reis et al. (2010) realizaram simulações em que ficou evidente a importância da eficiência do manejo na utilização de insumos e de forragem. Em algumas situações, ao melhorar o uso da forragem obteve-se maior carga animal que a aplicação de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> com reduzida eficiência de aproveitamento da forragem.

A literatura científica relata o valor médio de produção de leite obtido por meio do consumo exclusivo de gramíneas forrageiras tropicais de 9,1 kg de leite dia<sup>-1</sup>, com uma variação de 5,0 a 13,7 kg de leite/dia e consumo de MS de forragem de vacas mantidas

exclusivamente em pastagens tropicais de 2,3% do peso vivo em média, com valores máximos de 2,8%. Se manejadas adequadamente, pastagens tropicais produzem forragem com teores protéicos e energéticos, respectivamente, entre 13 a 22% de PB (proteína bruta) e entre 60,3 a 64,9% de NDT (Nutrientes digestíveis totais) além de 56 a 65% de fibra em detergente neutro (FDN). O consumo exclusivo de 12kg de MS de pasto com teores de PB variando entre 14 e 20%, por uma vaca de 520 kg de peso vivo, seria suficiente para atender aos requerimentos de proteína metabolizável para a produção de 12 a 15kg de leite (3,8% de gordura e 3,2% de proteína), respectivamente. A quantidade de energia líquida seria suficiente para a produção de 10 a 11kg de leite, logo a energia seria o principal fator limitante para a produção de leite em pastagens tropicais (Santos et al., 2007).

Com a suplementação média de 6 kg de concentrado vaca<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup> ao longo da lactação, Alvim e Botrel (2001) mensuraram produções de leite de 26.539, 31.494 e 32.194 kg ha<sup>-1</sup>304dias<sup>-1</sup> em pastagens de coast-cross fertilizadas, respectivamente com 85, 210 e 335 kg de N ha<sup>-1</sup>304dias<sup>-1</sup>, na forma de sulfato de amônio. A margem bruta, ou seja, a diferença entre a receita proveniente do leite adicional e os custos com fertilização foi, nessa mesma ordem, R\$7.016,95, R\$8.330,88 e R\$8.445,25, quando o preço do leite era vendido a R\$0,29 e o quilo do sulfato de amônio comprado a R\$1,65, em 1999.

Matos (2002) relata ganhos financeiros ao elevar a aplicação de N de 0 para 300 kg/ha. Conseguiu-se aumento da produção de leite de 4.000 kg/ha, com uma carga animal de 2,0 vacas ha<sup>-1</sup>. O custo da adubação com N, P e K foi de A\$340,00 ha<sup>-1</sup> (dólares australianos) e houve aumento da receita de A\$1.000,00 ha<sup>-1</sup>, ou seja, quase três vezes o custo. Euclides et al. (2007) concluíram que o aumento da quantidade de N aplicado na pastagem, de 50 para 100 kg por hectare, resultou em benefício líquido adicional de R\$92,43 ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> para a engorda de novilhos. Por meio de análise de sensibilidade constatou-se, nas condições da época, que a adubação suplementar seria economicamente atrativa até o aumento máximo de 69% do preço do adubo, ou até a redução máxima de 36% do preço do quilo do novilho vivo, mantidos constantes os demais preços.

Os custos da adubação nitrogenada na produção de pastagem de inverno, aveia e azevém, foram de 34,1 e 47,5% do custo de produção total de forragem, respectivamente para ureia e sulfato de amônio (Restle et al., 2000). Ressalta-se que nesse custo está incluído a

mecanização que seria menor para pastagens perenes, o que elevaria a participação do N no custo de produção total. Euclides et al. (2007) complementam que cada categoria animal apresenta respostas distintas à adubação das pastagens, sendo necessário considerar cada situação ao recomendar a adubação.

A produção individual do animal não é influenciada pela quantidade de adubação e conseqüentemente pela carga animal, desde que permaneça a mesma pressão de pastejo, (Alvim e Botrel, 2001) e pela fonte de N (ureia ou sulfato de amônio). Mesmo com a ureia chegando a apresentar perdas por volatilização de até 30,3%, a fonte de N (sulfato de amônio ou ureia) não influencia o desempenho animal e a carga animal suportada pela pastagem. Logo, como os custos com a ureia são até 25,7% mais baixos que o sulfato de amônio na adubação de pastagens, a decisão de qual fertilizante utilizar, deve ocorrer em função do preço por kg de N (Restle et al., 2000). Soares et al. (2001) complementam que, em pastagens de aveia e azevém, o custo por kg de MS produzida foi 31,57% inferior quando a ureia foi usada como fonte de N.

Cabe ressaltar que alguns ganhos econômicos não são mensurados de forma simples. Alvim et al., (1999) relatam que a dose de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> não garante a persistência do Tifton 85. Assim, mesmo economicamente inviável a fertilização, numa análise prévia, os prejuízos podem ser maiores se houver necessidade de reforma da pastagem. Aguiar (2008) completa que a adubação nitrogenada melhora a distribuição da produção de matéria seca ao longo do ano, que de acordo com Reis et al. (2006), de maneira geral, 80% está concentrado em aproximadamente seis meses de verão. Além disso, Euclides et al. (2007) adiciona que a adubação nitrogenada também pode implicar em melhoria das propriedades químicas e físicas do solo e da própria pastagem, representando benefícios em longo prazo.

Entretanto, apesar das recentes melhoras na utilização de N, as perdas deste nutriente continuarão crescendo, principalmente nos países não industrializados. A poluição por meio deste produto causa sérios problemas para a saúde humana e ao contaminar fontes de água tanto superficiais quando profundas. O uso inadequado desta fertilização causa redução da fertilidade do solo e conseqüentemente compromete a produção agrícola. O N<sub>2</sub>O é um dos gases causadores do efeito estufa (GEE) e também afeta a camada de ozônio

(Eickhout et al., 2006). Diante desta preocupação, em alguns países, por exemplo, na Holanda, os produtores rurais são obrigados a relatar a entrada e saída de minerais na propriedade, na forma de insumos e produtos, respectivamente. Considera-se que a diferença entre estes valores é perdida para o meio ambiente e deve estar dentro de um limite pré-estabelecido, caso contrário o proprietário é multado (Halberg et al., 2005). Logo, em locais onde há a preocupação ambiental, o fertilizante que causa menor impacto ambiental, pode ser economicamente mais viável, apesar do custo maior por quantidade de N.

### **4.3. Considerações sobre sombreamento de pastagens por meio de árvores**

No contexto das mudanças climáticas, a produção animal também será afetada diretamente pela maior frequência de dias mais quentes, sendo necessárias algumas adaptações como a provisão de sombra (Campbell e Smith, 2000). O melhor sombreamento é proporcionado pelas árvores e, na ausência destas, torna-se necessário a implantação de sombras artificiais (Martello et al., 2004).

Na Nicarágua, Betancourt et al. (2001) constataram que o acesso a pastagens com maior cobertura arbórea reduziu o estresse climático das vacas resultando em aumentos no tempo de pastejo e na produção de leite. Sousa et al. (2007) concluíram que o sombreamento proporcionado pelas árvores amenizou as condições micro climáticas para ovinos, ao alterar aspectos comportamentais como o aumento do tempo de pastejo e redução da ingestão de água e tempos de locomoção e de descanso.

Além da busca do maior conforto térmico para animais, outros potenciais benefícios têm motivado a introdução de árvores em pastagens, uma das modalidades de sistemas silvipastoris (SSPs), como a diversificação de renda, a manutenção da fertilidade do solo pelo aporte contínuo de matéria orgânica e controle da erosão. Entretanto, tratam-se de sistemas bem mais complexos que a monocultura de gramíneas e ainda pouco compreendidos, uma vez que são comuns conceitos como: as árvores favorecem a formação de barro e acúmulo de esterco, que causariam transtornos como mastite e problemas de casco (Reis et al., 2008).

Além disso, diante da necessidade de aumento de produtividade por área, frequentemente as árvores nas pastagens são consideradas como um empecilho à maior produção de forragem, por restringirem a luminosidade disponível. Andrade (2001), procurando identificar os principais fatores limitantes do crescimento do capim-tanzânia, conduziu um experimento, durante o qual aplicou fertilizantes contendo N, P e K em um sistema silvipastoril. A gramínea havia sido implantada há quatro anos e o eucalipto há cinco anos. A hipótese do estudo baseou-se na "lei do mínimo": caso o principal fator limitante ao crescimento da gramínea fosse a baixa disponibilidade de luz ou efeitos alelopáticos do eucalipto, não haveria resposta da gramínea à fertilização, ou essa resposta seria muito pequena. Os resultados obtidos mostraram que o crescimento da gramínea estava sendo restringido pela baixa disponibilidade de N no solo, pois ocorreu elevada resposta à adubação nitrogenada. Connor (1983) citado por Veiga (2001) reforça que a competição por luz pode ser um fator limitante quando há restrições de água e nutrientes. Fagundes et al. (1999) adiciona que, apesar de alguns autores entenderem que o principal fator climático determinante da produção seja a quantidade de energia luminosa, na maioria dos ambientes o crescimento, e em casos extremos, a sobrevivência das plantas, pode ser limitada por estresse hídrico, térmico ou nutricional.

Tem sido constatado que em SSPs constituídos por eucaliptos e gramíneas tropicais, ocorre queda acentuada na produtividade do sub-bosque alguns anos após o estabelecimento da árvore. Entretanto, a quantidade de luz disponível pode ser controlada através de operações de desbaste, da densidade do plantio, da escolha de espécies tolerantes ao sombreamento e seleção de espécies arbóreas em função das características de sua copa (Garcia e Andrade, 2001). Rhoades (1997) recomenda as de crescimento mais ereto e de copas mais esparsas.

As espécies mais tolerantes ao sombreamento nem sempre são as mais produtivas num determinado percentual de sombreamento, devido aos diferentes potenciais de produção das espécies (Garcia e Andrade, 2001). Castro et al. (1999) procuraram identificar, entre algumas das espécies de gramíneas forrageiras mais utilizadas nas nossas condições, aquelas que apresentassem maior tolerância ao sombreamento. Verificou-se que o sombreamento favoreceu o aumento somente na produção de matéria seca do *P. maximum*, para o qual o maior rendimento ocorreu com 30% de sombreamento. As gramíneas *Melinis minutiflora* e *Setaria sphacelata* foram consideradas tolerantes ao sombreamento, pois as

suas produções de MS, ao contrário das demais, não foram alteradas significativamente pelo sombreamento. No entanto, suas produções de MS a 30% (3,6 e 5,9 t/ha, respectivamente) e a 60% (2,0 e 5,7 t/ha, respectivamente), foram bem inferiores à do *Andropogon gayanus*, espécie que apresentou queda acentuada na produção de MS com o sombreamento, mas que produziu 9,5 t ha<sup>-1</sup> a 30% e 7,0 t ha<sup>-1</sup> a 60% de sombreamento. Logo, o critério tolerância ao sombreamento não pode ser considerado isoladamente na escolha da forrageira a ser utilizada em um SSP.

Nos SSPs, o potencial de produção de carne supera o das pastagens não melhoradas. Entretanto, o plantio de árvores apresentou-se oneroso e dependendo do preço da carne vendida, pode não ser uma opção viável para aumentar a produção animal. Apesar dos benefícios gerados, um fator limitante para a implantação são os custos de estabelecimento (Jansen et al., 1997), que oscilam entre US\$500 a 3000 ha<sup>-1</sup>, sendo que onde não há degradação a despesa é de US\$1000 ha<sup>-1</sup> (Dixon, 1995). Todavia, supõe-se que os custos de implantação por meio de regeneração natural (Viana et al., 2002) serão menos onerosos.

No longo prazo, as florestas plantadas podem representar maior retorno financeiro em relação a pastagens. Contudo, a necessidade de recursos durante o período de conversão da pecuária para a silvicultura pode inviabilizar o processo. A integração das duas atividades por meio dos sistemas silvipastoris podem ser uma alternativa para otimizar os ganhos econômicos a curto e longo prazo (Kallenbach et al., 2006).

## **5. Considerações finais**

O manejo adequado, por meio do conhecimento de características morfofisiológicas, favorece o aproveitamento em quantidade e qualidade da forragem propiciando maior desempenho animal. Esse conhecimento permitiu indicar com precisão o ponto de interrupção da rebrotação dos pastos, quando os mesmos atingem 95% de interceptação da luz.

A fertilização nitrogenada e a provisão de sombra em pastagens proporcionam acréscimos na qualidade da forragem como aumento dos teores de proteína bruta. Esses fatores são estudados principalmente de maneira isolada. Entretanto, as interações entre eles devem

ser avaliadas, possibilitando identificar a melhor combinação de fatores que gere maior produção e aproveitamento da forrageira pelo animal, de maneira sustentável no sentido amplo, social, ambiental e econômica.

## 6. Referências bibliográficas

AGUIAR, A.P.A. Produção de leite em pastagens, In: ENCONTRO DE PRODUTORES DE GADO LEITEIRO F1: avanços tecnológicos, n.6, 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: PUC Minas, 2008.

AGUIAR, A.P.A.; SILVA, A. Forrageiras do gênero *Cynodon* para a produção intensiva de leite a pasto. In: *Simpósio de nutrição e produção de gado de leite: produção de leite em pasto*, 3, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária – UFMG, 2007. CD – ROM.

ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A. Efeitos de doses de nitrogênio na produção de leite em pastagem de coast-cross. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 36, n. 3, p. 577-583, 2001.

ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; VERNEQUE, R.S.; BOTREL, M.A. Resposta do Tifton 85 a doses de nitrogênio e intervalos de cortes. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.34, n.12, p.2345-2352, 1999.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O.G. Fatores limitantes ao crescimento do capim – Tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos Cerrados de Minas Gerais, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2001.

ASNER, G.P.; TOWNSEND, A.R.; BUSTAMANTES, M.M.C.; NARDOTO, G.B.; OLANDER, L.P. Pasture degradation in the central Amazon: linking changes in carbon and nutrient cycling with remote sensing. *Global Change Biology*, v.10, p.844-862, 2004.

BARBOSA NETO, M.A. Perspectivas de Custos de Produção Agropecuária para 2008 [São Paulo], 2008. Disponível em <[http://www.fiesp.com.br/irs/agronegocio/pdf/transpar%C3%A2ncias\\_cosag\\_11\\_02\\_08\\_mario\\_alves\\_barbosa\\_neto.pdf](http://www.fiesp.com.br/irs/agronegocio/pdf/transpar%C3%A2ncias_cosag_11_02_08_mario_alves_barbosa_neto.pdf)> Acesso em 10/06/2008.

BETANCOURT, K.; IBRAHIM, M.; HARVEY, C.A.; VARGAS, B. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito em Matiguás, Matagalpa, Nicarágua. *Agroforestería en las Américas*, v. 10, n. 39-40, p.47-51, 2003.

BOUWMAN, A.F.; VAN DER HOEK, K.W.; EICKHOUT, B.; SOENARJO, I. Exploring changes in world ruminant production systems. *Agricultural Systems*, v.84, p.121-153, 2005.

CAMPBELL, B.D.; SMITH, D.M.S. A synthesis of recent global change research on pasture and rangeland production: reduced uncertainties and their management implications. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 82, p.39-55, 2000.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; COUTO, L. Produção Forrageira de Gramíneas Cultivadas sob Luminosidade Reduzida. *Revista brasileira de zootecnia*, v.28, n.5, p.919-927, 1999.

CERRI, C.E.P.; PAUSTIAN, K.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.L.; MELILLOS, J.M.; CERRI, C.C. Modeling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion with the Century model. *Global Change Biology*, v.10, p. 815-832, 2004.

DIXON, R.K. Agroforestry: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems*, v.31, p.99-116, 1995.

EICKHOUT, B.; BOUWMAN, A.F.; VAN ZEIJTS, H. The role of nitrogen in world food production and environmental sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 116, p.4-14, 2006.

EUCLIDES, V.P.B.; COSTA, F.P.; MACEDO, M.C.M.; FLORES, R.; OLIVEIRA, M.P. Eficiência biológica e econômica de pasto de capim-tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.42, n.9, p.1345-1355, 2007.

FAGUNDES, J. L.; SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISSIA, A. F.; CARNEVALLI, R. A.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. *Scientia Agricola*, v.56, n.4, p.1141-1150, 1999. Suplemento

FEARNSIDE, P.M.; BARBOSA, R.I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, v.108, p.147-166, 1998.

GARCIA, R.; ANDRADE, C.M.S. Sistemas silvipastoris na Região Sudeste. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C., (Eds.). *Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p.173-187.

GONÇALVES, J.S. Câmbio ou petróleo: qual preço afeta mais a agropecuária brasileira. *Análises e indicadores do agronegócio*, v.1, n.8. 2006.

HALBERG, N.; VEM DER WERF, H.M.G.; BASSET-MENS, C. et al. Environmental assessment tools for the evaluation and improvement of European livestock production systems. *Livestock Production Systems*, v. 96, p.33-50, 2005.

JANSEN, H.G.P.; IBRAHIM, M.A.; NIEUWENHUYSE, A.; MANNETJE, L.; JOENJE, M.; ABARCA, S. The economics of improved pasture and silvopastoral technologies in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Tropical Grasslands*, v.31, p.588-598, 1997.

JORGE, J.A. *Solo : manejo e adubação*. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1983. 309p.

LAL, R.. Managing world soils for food security and environmental quality. *Advances in Agronomy*, v.74, p.155-192, 2001.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, n.32, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.26.

MARIUZZO, P.. Foco do setor químico está na substituição de derivados do petróleo e no controle ambiental. *Inovação Uniemp*, v.3, n.1, p.6-9. 2007.

MARTELLO, L.S.; SAVASTANO JÚNIOR, H.; PINHEIRO, M.G.; ROMA JÚNIOR, L.C. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.2, p.263-273, 2004.

MATOS, L.L. Estratégias para redução do custo de produção de leite e garantia da sustentabilidade de produção de leite e garantia de sustentabilidade da atividade leiteira. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO – Nupel, 2002, p.156-183.

NASCIMENTO JUNIOR, D.; GARCEZ NETO, A.F.; BARBOSA, R.A.; ANDRADE, C.M.S. Fundamentos para o manejo de pastagens: evolução e atualidade. In: *Simpósio Sobre Manejo Estratégico da Pastagem*, 2002, Viçosa. Disponível em: <http://www.forragicultura.com.br/arquivos/Fundamentosparaomanejodepastagensevolucaoatualidades.pdf>. Acesso em: 01/03/2010.

NEELY, C.; BUNNING, S.; WILKES, A. [Roma, Itália]: FAO, 2009. Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change Implications and opportunities for mitigation and adaptation Disponível em <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i1135e/i1135e00.pdf>> Acesso em: 05/01/10.

NICHOLSON, C.F.; BLAKE, R.W.; REID, R.S.; SCHELHAS, J. Environmental impacts of livestock in the developing world, *Environment*, v.43, n.2, p. 7-17, 2001.

REIS, R. A.; NUSSIO, L.G.; COAN, R.M.; RESENDE, F.D.; SGNORETTI, R.D. Adequação ao uso de alimentos volumosos: Custos de produção e desempenho comparativo. In: Rogério Marchiori Coan; Ricardo Andrade Reis. (Org.). *Confinamento: Gestão técnica e econômica*. 1 ed. Jaboticabal: Editora Multipress Ltda, 2006, v. 1, p. 113-136.

REIS, G. L., LANA, A. M. Q., MACHADO, R. M., SOUSA, L. F., G. H. F. A. Moreira, AMARAL, B. M. Árvores em pastagens: mitos e verdades. *Revista Leite Integral.*, n.13, p.22 - 31, 2008.

REIS, G. L.; REIS, R. P.; FERREIRA, I. C.; LANA, A. M. Q.; AGUIAR, A. P.; LANA, R. M. Q. Avaliação econômica da aplicação de fertilizantes nitrogenados em pastagens destinadas a vacas em lactação. *Ciência agrotecnologia*, v. 34, n. 3, p. 730-738, 2010.

RESTLE, J.; ROSO, C.; SOARES, A.B; LUPATINI, G.C.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L. Produtividade Animal e Retorno Econômico em Pastagem de Aveia Preta mais Azevém Adubada com Fontes de Nitrogênio em Cobertura. *Revista brasileira de zootecnia*, v.29, n.2, p.357-364, 2000.

RHOADES, C.C. Single-tree influence on soil properties in agroforestry: lessons from natural forest and savanna ecosystems. *Agroforestry Systems*, v. 35, p.71-94, 1997.

SANTOS, F.A.P.; MARTINEZ, J.C.; GRECO, L.F.; CARARETO, R.; PENATI, M.A. Nutrição das vacas em lactação, no período chuvoso, para a produção intensiva de leite a pasto. In: *Simpósio de nutrição e produção de gado de leite: produção de leite em pasto*, 3, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária – UFMG, 2007. CD – ROM.

SILVA-PANDO, F.J.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P.; ROZADOS-LORENZO, M.J. Pasture production in a silvopastoral system in relation with microclimate variables in the atlantic coast of Spain. *Agroforestry Systems*, v.56, p. 203-211, 2002.

SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Aspectos agrônômicos para a produção intensiva de leite em pasto. In: *Simpósio de nutrição e produção de gado de leite: produção de leite em pasto*, 3, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária – UFMG, 2007a. CD – ROM.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, *suplemento especial*, p.121-138, 2007b.

SOARES, A.B.; RESTLE, J.; ROSO, C.; LUPATINI, G.C.; ALVES FILHO, D.C. Dinâmica, qualidade, produção e custo de produção de forragem da mistura aveia preta e azevém anual adubada com diferentes fontes de nitrogênio. *Ciência Rural*, v.31, n.1, p.117-122, 2001.

SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, N.M.; SALIBA, E.S. Etologia ingestiva de ovinos em um sistema silvipastoril composto pela arbórea bolsa de pastor (*Zeyheria tuberculosa* vell. Bur.) e pela gramínea braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal, **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V., HAAN, C. Livestock's long shadow: environmental issues and options [Roma, Itália], 2006. Disponível em <<http://www.virtualcentre.org>> Acesso em 17/12/2006.

TILMAN, D.; CASSMAN, K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agriculture sustainability and intensive production practices. *Nature*, v.418, p.671-677, 2002.

VEIGA, J.B.; ALVEZ, C.P.; MARQUES, L.C.T et al. Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Eds.). *Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 40-76.

VIANA, V. M.; MAURÍCIO, R. M.; MATTA-MACHADO, R. et al. Manejo de la regeneración natural de especies nativas para la formación de sistemas silvopastoriles en las zonas de bosques secos del sureste de Brasil. *Agroforestería de las Américas*, v. 9, n. 33-34, p. 48-52, 2002.

VINQVIST, M.; ROSALES, M. Relevance and applicability of the Latin American experience for the development of benefits for the development of benefit sharing mechanisms for payment of environmental services at the forest-pasture interface in Southeast and East Asia. FAO, 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6199e/x6199e00.htm>> Acesso em 25/08/2007.

## CAPÍTULO II

### **Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre atributos químicos de solo em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**

#### **Shading and nitrogen fertilization on soil attributes in a pasture of *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu**

##### **Resumo**

O objetivo desse estudo foi avaliar a influência da fertilização nitrogenada e do sombreamento artificial sobre os atributos de solos em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu (BBM). O experimento foi conduzido na Fazenda Águas Formosas, em Caeté/MG, a aproximadamente 1000 m de altitude, nas coordenadas 19°47'39''S e 43°36'77''O. O solo é classificado como Latossolo vermelho. A BBM foi submetida a quatro doses de adubação (0, 50, 70 e 100 kg de N por aplicação por hectare) em cinco épocas e a quatro percentuais de sombreamento (0, 47, 53 e 66%) por meio de tela de nylon. O sombreamento reduziu a mineralização da matéria orgânica o que influencia na menor disponibilidade dos nutrientes nela complexados. A aplicação de N favoreceu a exportação da maioria dos nutrientes avaliados. Os teores dos nutrientes tenderam a reduzir em função do aumento da profundidade.

**Palavras-chave:** armazenamento de carbono, fertilidade do solo, luminosidade, pastagem, sistema silvipastoril

##### **Abstract**

This study assessed the influence of nitrogen fertilization and artificial shade on the attributes of soil and forage in a pasture of *Brachiaria brizantha* cv Marandu (BBM). The experiment was conducted at Fazenda Águas Formosas in Caeté, Minas Gerais State, Brazil, 19°47'39''S, 43°36'77''W, altitude 1000 m. The soil is a Red latosol by the Brazilian soil classification (Typic Acrustox - USDA classification). BBM was subjected to four levels of fertilization (0, 50, 70 and 100 kg N per hectare per application) and four levels of shading (0, 47, 53 and 66%) through a nylon mesh. Shading reduced the mineralization of organic matter, affecting the lower availability of complexed nutrients. N application favored the exportation of most nutrients assessed. Nutrient content tended to decrease with depth.

**Keywords:** carbon sinking, soil fertility, light, pasture, silvopastoral system

## 1. Introdução

As pastagens ocupam área considerável no planeta, entretanto grande parte delas são mal manejadas (Conant et al., 2001). Logo, algumas técnicas de estabelecimento e manejo de pastagens precisam ser revistas, uma vez que, segundo Vilela (2001), cerca de 50% dos 105 milhões de hectares de pastagens artificiais brasileiras encontram-se degradados ou em início de degradação, reduzindo a produção animal e aumentando os custos de produção além de causarem prejuízos ambientais como a perda de solo por erosão, redução da disponibilidade de água, assoreamento de cursos d'água e perda da diversidade vegetal e animal.

Há uma preocupação mundial sobre o reflexo das mudanças de uso do solo sobre o ciclo do carbono (Powers et al., 2003). Em relação às emissões antropogênicas de gases do efeito estufa (GEE), a atividade pecuária responde por 18% do total, 9% do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), 37% do metano ( $\text{CH}_4$ ) e 65% das emissões de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Grande parte do  $\text{CO}_2$  origina das mudanças do uso do solo, principalmente pelo desmatamento. A fermentação ruminal é a mais importante origem de  $\text{CH}_4$ , ao passo que o esterco é a principal fonte de  $\text{N}_2\text{O}$ . Além disso, as atividades pecuárias são responsáveis por 64% das emissões antropogênicas de amônia ( $\text{NH}_3$ ), que contribuem de forma significativa para a chuva ácida e para a acidificação de ecossistemas (Steinfeld et al., 2006). O acúmulo de amônio ( $\text{NH}_4$ ) no solo pode comprometer a agregação e reduzir a infiltração de água (Haynes e Naidu, 1998).

O armazenamento de carbono nos solos agrícolas parece ser uma ferramenta promissora para mitigar os efeitos das mudanças climáticas. O aumento da fertilidade do solo leva à estabilização da matéria orgânica e em muitos casos ao sequestro de  $\text{CO}_2$  (Stalenga e Kawalec, 2008). Técnicas de manejo como fertilização, introdução de leguminosas, adequação da carga animal, irrigação, introdução de minhocas, utilização de plantas perenes, podem influenciar diretamente a quantidade de matéria orgânica do solo sob pastagens (Conant et al., 2001).

Os efeitos da aplicação de fertilizantes no solo são tanto diretos (influência nos processos químico-físicos) e quanto indiretos (incremento da produtividade e do retorno da matéria

orgânica, por meio da senescência de tecidos vegetais e exsudatos de substâncias orgânicas produzidos pelas raízes vivas que aumentam a atividade biológica)(Haynes e Naidu, 1998).

Diante da necessidade de aumento de produtividade por área, frequentemente as árvores nas pastagens são consideradas como um empecilho à maior produção de forragem, por restringirem a luminosidade disponível. Andrade (2001), procurando identificar os principais fatores limitantes do crescimento do capim Tanzânia, conduziu um experimento, durante o qual aplicou fertilizantes contendo nitrogênio, fósforo e potássio em um sistemas silvipastoril, associação de árvores e pastagens. A gramínea havia sido implantada há quatro anos e o eucalipto há cinco anos. A hipótese do estudo baseou-se na "lei do mínimo": caso o principal fator limitante ao crescimento da gramínea fosse a baixa disponibilidade de luz ou efeitos alelopáticos do eucalipto, não haveria resposta da gramínea à fertilização, ou essa resposta seria muito pequena. Os resultados obtidos mostraram que o crescimento da gramínea estava sendo restringido pela baixa disponibilidade de nitrogênio no solo, pois ocorreu elevada resposta à adubação nitrogenada. De acordo com Reis et al. (2010), se a sombreamento for excessivo pode reduzir a produção de forragem e consequentemente a quantidade de matéria orgânica no solo.

Assim, há grande importância de, no contexto atual das mudanças climáticas, do crescimento da população mundial e da demanda por alimentos, analisar algumas técnicas utilizadas na produção animal, como a presença de árvores em pastagens e a fertilização mineral de forrageiras, em relação a aspectos produtivos e ambientais. O objetivo desse estudo foi avaliar a influência da fertilização nitrogenada e do sombreamento artificial sobre o armazenamento de carbono no solo e demais variáveis do solo em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu (BBM).

## **2. Material e métodos**

### *2.1. Caracterização e localização do sistema*

O experimento foi conduzido na Fazenda Águas Formosas, em Caeté/MG, a aproximadamente 1.000m de altitude, nas coordenadas 19°47'39''S e 43°36'77''O, em uma encosta com declividade de até 45°. A vegetação original é típica de Mata Atlântica,

mais precisamente floresta tropical estacional semidecidual (Veloso et al., 1991). O solo é classificado como Latossolo vermelho. Em dezembro de 2008, antes de iniciar os tratamentos, realizou-se a coleta de amostras de solos de 0-20 e 20-40cm de profundidade (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização inicial dos atributos químicos de solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu (Caeté/MG-2008)

Variável	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
pH (H <sub>2</sub> O –1:2,5)	6,3	6,0
Matéria orgânica (dag kg <sup>-1</sup> )	3,6	1,8
Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )	5,3	1,1
Potássio (mg dm <sup>-3</sup> )	125	45
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,5	1,1
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	0,6
Alumínio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,2	2,2
Soma de bases	4,32	1,82
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,32	1,82
CTC a pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,52	4,02
Saturação por bases (%)	66	45

Hidrogênio + Alumínio (H + Al) e capacidade de troca catiônica (CTC)

Ressalta-se que a pastagem com aproximadamente cinco anos de implantação fora subpastejada e havia grande quantidade de macegas. Foi utilizada a roçadeira mecânica e as macegas foram removidas durante a implantação do experimento. Ressalta-se que a pastagem era subpastejada e havia grande quantidade de macegas que foram removidas durante a implantação do experimento.

A BBM foi submetida a quatro doses de fertilizante nitrogenado, ureia, (0, 50, 70 e 100 kg de N ha<sup>-1</sup> aplicação<sup>-1</sup>) num total de cinco aplicações e quatro percentuais de sombreamento por meio de telas plásticas (tela de nylon) a 2,0m do solo, totalizando 16 tratamentos com quatro repetições. Ressalta-se que houve o cuidado para que a tela de nylon abrangesse toda a estrutura, inclusive as laterais do canteiro, evitando assim interferências de luminosidade nos tratamentos. Houve o espaço de 2m entre as estruturas para evitar interferência entre tratamentos. Havia incidência de luz durante todo o dia e as telas de

nylon ficaram no sentido leste-oeste, acompanhando a curva de nível. A fertilização foi realizada perpendicular a essa. A dimensão maior ficava perpendicular à topografia.

Os dados do fabricante da tela de nylon para os percentuais de sombreamento eram 30, 50 e 70%. Entretanto, ao longo do estudo, ao mensurar-se a Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA), constatou-se que os percentuais de sombreamento proporcionados pelas telas de nylon foram 47, 53 e 66%, calculados pela fórmula  $((RFA_{sol} - RFA_{sombra}) * 100 / RFA_{sol})$ . O quarto percentual de sombreamento foi a pleno sol, logo 0% de sombra.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, sendo o gradiente fertilidade considerada a blocagem, com arranjos em parcelas sub-divididas com a adubação na parcela e sombreamento na sub-parcela. O experimento foi conduzido em canteiros de 3,0 x 2,0 m, sendo a parcela experimental útil de 2,0 m<sup>2</sup>.

## 2.2. Coleta dos dados

As coletas de forragem ocorreram em 2009, nos meses de março, abril, julho, outubro, novembro e dezembro. Logo após cada coleta, foi realizada a aplicação de nitrogênio na forma de uréia. Na figura 1, está representada a pluviosidade no local e período de estudo.

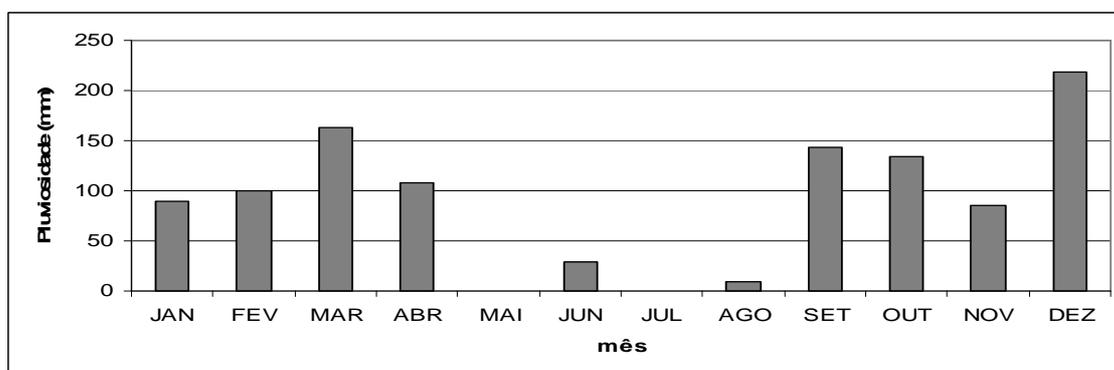


Figura 1 – Pluviosidade no local e período do estudo (Caeté/MG – 2009)

Nas tabelas 2 e 3, estão apresentados as médias e regressões dos caracteres climáticos.

Tabela 2. Médias de variáveis climáticas, radiação fotossinteticamente ativa (RFA), radiação global (RG), temperatura e umidade relativa do ar (URA) (Caeté/MG, 2009)

Mês	Variáveis climáticas			
	RFA ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	RG ( $\text{watts m}^{-2}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	URA (%)
3	692,71	365,67	29,29	47,51
7	642,80	313,02	28,59	40,29
10	394,78	218,22	29,58	47,51
11	859,07	415,20	31,71	60,26
Sombreamento				
(%)*	RFA ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	RG ( $\text{watts m}^{-2}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	URA (%)
0	1106,59	565,02	29,96	47,04
47	586,83	299,04	29,67	49,49
53	523,46	265,59	29,71	49,25
66	372,91	181,46	29,78	48,16
Média	647,72	329,61	29,78	48,49
CV (%)	59,80	62,65	33,64	24,38

\*Os percentuais de sombreamento proporcionados pelas telas de nylon foram 47, 53 e 66%, calculados pela fórmula  $(\text{RFAsol} - \text{RFAsombra}) * 100 / \text{RFAsol}$

Tabela 3. Estimativas de equações de regressão para o efeito médio de sombreamento das variáveis: radiação fotossinteticamente ativa (RFA), radiação global (RG), temperatura e umidade relativa do ar (URA) (Caeté/MG, 2009)

Variável	Estimativa	Ponto de máximo ou mínimo	$r^2$ (%)
RFA	1101,30 – 11,20 sombra	-	99,93
RG	567,40 – 5,87 sombra	-	99,96
Temperatura	29,96 – 0,014 sombra + 0,00017sombra <sup>2</sup>	40,34	98,79
URA	47,04 + 0,14sombra -0,001879sombra <sup>2</sup>	37,25	99,82

As amostras de solos foram coletadas nos meses de julho e dezembro de 2009.

### 2.3. Análises laboratoriais

As análises químicas de solos foram analisadas no Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal de Uberlândia/MG, conforme EMBRAPA (1999). Realizou-se a determinação da acidez ativa pelo pH em água (relação 1:2,5), teores de macronutrientes, sendo o fósforo (P) pelo extrator mehlich1 e leitura em espectrofotômetro; o potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) pelo extrator KCl; enxofre (S-SO<sub>4</sub>) pelo extrator KCl e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica; acidez potencial (H<sup>+</sup> Al) pelo uso do extrator SMP; teor de matéria orgânica (MO), pelo método de Walkey Black e leitura em colorimétrico. Foram calculadas as relações entre nutrientes e soma de bases.

#### 2.4. Análises estatísticas

Foram realizados testes de Lilliefors e Bartlett para verificar normalidade e homocedasticidade, respectivamente. Para analisar a influência da fertilização e do sombreamento sobre os atributos de solo, foi realizada a análise de variância de acordo com o modelo estatístico a seguir:

$Y_{ijkm} = \mu + B_m + A_i + \lambda_{im} + S_j + (AS)_{ij} + \alpha_{ijk} + P_k + (AP)_{ik} + (SP)_{jk} + (ASP)_{ijk} + \gamma_{ijkm}$ , em que:

$Y_{ijkm}$  = observação da adubação i, no sombreamento j, da profundidade k, no bloco m

$\mu$  = efeito médio geral

$B_m$  = efeito do bloco m, sendo m = 1, 2, 3 e 4;

$A_i$  = efeito da adubação i, sendo i = 0, 50, 70 e 100 kg de N por aplicação;

$\lambda_{im}$  = efeito do erro aleatório atribuído à parcela da adubação i no bloco m;

$S_j$  = efeito do sombreamento j, sendo j = 0, 47, 53 e 66% de sombreamento;

$(AS)_{ij}$  = efeito da interação adubação e sombreamento;

$\alpha_{ijm}$  = erro aleatório atribuído à sub-parcela da adubação i, do sombreamento j do bloco m;

$P_k$  = efeito da profundidade do solo k, sendo k = 0-2, 2-10 e 10-20cm;

$(AP)_{ik}$  = efeito da interação adubação e profundidade do solo;

$(SP)_{jk}$  = efeito da interação sombreamento e profundidade do solo;

$(ASP)_{ijk}$  = efeito da interação entre adubação, sombreamento e profundidade;

$\gamma_{ijkm}$  = erro aleatório atribuído à sub-subparcela da adubação i, no sombreamento j, na profundidade de solo k do bloco m;

Também foram estudados modelos de regressão para os atributos do solo em função da fertilização, sombreamento e dias de avaliação. Para camada foi realizado teste de hipótese de SNK, considerando erro tipo I ( $\alpha$ ) igual a 0,05.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 4, 5 e 6 estão representados parâmetros de regressão de solo sob BBM.

Houve interação do percentual de sombreamento e dose de fertilizante com a camada analisada para as variáveis apresentadas na Tabela 4. Em condições distintas de sombreamento e de profundidade, o aumento do teor de N reduziu os teores de Mg, K:Mg,

K (Tabela 4) e P (Tabela 5). Em contrapartida, as quantidades de  $S-SO_4^{-2}$ , para doses crescentes de N, houve aumento no percentual de sombra 0%, mas redução para 53 e 66% de sombra (Tabela 4). Para a maior dose de N, na camada superficial, houve redução dos teores de  $S-SO_4^{-2}$ , à medida que ocorreu o aumento do percentual de sombreamento (Tabela 3). Esses resultados de  $S-SO_4^{-2}$  podem ser explicado pela redução do sombreamento que leva à maior mineralização e consequente aumento da disponibilidade do nutriente.

Tabela 4 - Parâmetros de regressão de solo sob *B. brizantha* cv. Marandu (BBM) de acordo com a interação significativa dos fatores fertilidade e sombreamento, em função da dose de nitrogênio (Caeté/MG – dezembro de 2009)

C*S*N	Fator fixo	Variável	Equação	Ponto de máximo ou mínimo	r <sup>2</sup> (%)
	Sombra				
Camada (0-2cm)	53	Mg <sup>2+</sup>	1,8532 + 0,4933N <sup>1/2</sup> - 0,0629N	15,38	96,60
		K:Mg	124,533 - 0,6146N	-	86,75
	66	pH CaCl <sub>2</sub>	5,3188 + 0,1480N <sup>1/2</sup> - 0,025N	24,60	96,00
		Mg <sup>2+</sup>	2,1912 - 0,0089N	-	92,85
		K <sup>+</sup>	0,3185 - 0,0016N	-	86,93
Camada (2-10cm)*	0	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	3,7909 + 0,0129N	-	75,20
	47	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	6,1751 - 0,0524N + 0,0004N <sup>2</sup>	65,5	98,41
	53	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	4,1540 - 0,0187N	-	71,08
	66	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	2,1792 - 0,0270N	-	99,51
		Mg <sup>2+</sup>	1,6563 - 0,0081N	-	88,27

Interação camada\*sombra\*dose de nitrogênio (C\*S\*N); magnésio (Mg<sup>2+</sup>) em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, relação potássio:magnésio (K:Mg), potássio (K<sup>+</sup>) em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, enxofre (S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) em mg dm<sup>-3</sup>, \*Amostras coletadas no terço médio

Tabela 5 - Parâmetros de regressão de solo sob *B. brizantha* cv. Marandu (BBM) em função da dose de nitrogênio, independente para dose de nitrogênio e sombreamento (Caeté/MG – dezembro de 2009)

Fator fixo	Variável	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Camada			
10-20cm*	fósforo	2,3119 - 0,0036N	70,19

\*Amostras coletadas no terço médio

Para todas as doses de fertilidade e camadas, em função das doses de N (Tabela 7), as variáveis pH(H<sub>2</sub>O) e pH(CaCl<sub>2</sub>) apresentaram pontos de máximo de 30,5 e 1,5, respectivamente. As variáveis K:Mg e K apresentaram decréscimo com o aumento de N.

Tabela 6 - Parâmetros de regressão de solo sob *B. brizantha* cv. Marandu (BBM) em função da dose de nitrogênio e camada, independente do percentual de sombreamento (Caeté/MG – dezembro de 2009)

C*S*N	Fator fixo	Variável	Equação	Ponto de máximo ou mínimo	r <sup>2</sup> (%)
	Camada				
Dose 0kg*	0-2cm	Mg <sup>2+</sup>	2,10-0,024sombra+0,0004sombra <sup>2</sup>	29,5	94,49
Dose 100kg	0-2cm	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	7,04 - 0,05sombra	-	71,98

Interação camada\*sombra\*dose de nitrogênio (C\*S\*N)

\*kg ha<sup>-1</sup> aplicação<sup>-1</sup>; magnésio (Mg<sup>2+</sup>) em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, enxofre (S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) em mg dm<sup>-3</sup>,

A variável S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, quando não ocorreu fertilização nitrogenada, apresentou o seguinte comportamento  $S-SO_4^{-2} = 4,17 + 0,12sombra - 0,0023sombra^2$  ( $r^2 = 93,15$ ), ou seja, atingiu o valor máximo quando a sombra foi 26,07% e depois decresceu com o aumento do sombreamento.

Tabela 7 - Parâmetros de regressão de solo sob *B. brizantha* cv. Marandu (BBM) em função da dose de nitrogênio, em todas as doses de fertilidade e camada (Caeté/MG – dezembro de 2009)

Variável*	Equação	Ponto de máximo	r <sup>2</sup> (%)
pH H <sub>2</sub> O	5,5490 + 0,0061N - 0,0001N <sup>2</sup>	30,5	95,81
pH CaCl <sub>2</sub>	5,3283 + 0,0003N - 0,0001N <sup>2</sup>	1,5	91,64
K:Mg	124,533 - 0,6146N	-	86,75
K <sup>1+</sup>	0,3185 - 0,0016N	-	86,93

relação potássio:magnésio (K:Mg), potássio (K<sup>+</sup>) em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> \*Amostras coletadas no terço médio

Na Tabela 8, em cada camada estão apresentados os resultados de pH H<sub>2</sub>O, K:Mg e K<sup>1+</sup>. Aparentemente, de maneira geral, os valores de todas as variáveis reduziram com o incremento das doses de N. A medida que aumentou a dose de N, passou-se a observar diferença entre as camadas para os valores de pH H<sub>2</sub>O (acidez ativa). Esse processo é esperado, pois, de acordo com Cantarella (2007), as perdas por volatilização de amônia em solos dependem do pH, pois o equilíbrio entre o íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e a forma gasosa (NH<sub>3</sub>) é dado pela expressão  $NH_4^+ \Leftrightarrow NH_3 + H^+$ .

Costa et al. (2008) relatam que a aplicação contínua de 300 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> de N durante três anos, em relação à dose zero, reduziu o pH do solo em 1,0 e 0,8 unidades para a fonte de sulfato de amônio e ureia, respectivamente, tanto para camada de 0-20 quanto para a de

20–40 cm de profundidade. Observa-se tal efeito na tabela 7. A equação de regressão para pH CaCl<sub>2</sub> indica redução do valor à medida do aumento de N.

A ureia, ao ser aplicada no solo, passa por um processo de hidrólise enzimática liberando N amoniacal. Esse processo ocorre normalmente em solos com pH inferior a 6,3, parâmetro comum em solos agricultáveis, (Koelliker e Kissel, 1988) nesse processo há liberação de H<sup>+</sup>, que promove na solução do solo aumento de pH.

Aparentemente, na profundidade de 0-2 cm, houve maior influencia da aplicação superficial da ureia. Entre a dose testemunha e a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, o pH apresentou uma redução de 1,06 unidades, que é suficiente para uma alteração na classificação da acidez do solo. O solo no tratamento testemunha está classificado de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (CFSEMG, 1999) como um solo com acidez média e na maior dose como um solo com acidez muito elevada. Na profundidade de 2-10 cm só observa-se diferença significativa na dose de 100 kg de N ha<sup>-1</sup>, e não observou-se influencia da aplicação de N na profundidade de 10-20 cm.

Para as variáveis K:Mg e K, há a expectativa de reduzir os valores à medida que aumenta a profundidade. Entretanto, essa diferença ficou menos evidente nos tratamentos que receberam aplicação de ureia, que favorece a produtividade da forrageira e conseqüentemente maior exportação dos nutrientes (Tabela 8).

Tabela 8 – Estimativas de médias de pH H<sub>2</sub>O, K:Mg e K, em função de profundidade e dose de nitrogênio, independente do percentual de sombreamento, em solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu (Caeté/MG – dezembro de 2009)

Dose	pH H <sub>2</sub> O			K:Mg			potássio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		
	Camada (cm)								
	0-2	2-10*	10-20*	0-2	2-10*	10-20*	0-2	2-10*	10-20*
N <sup>1</sup>									
0	5,72A	5,85A	5,86A	120,75A	94,33B	68,67C	0,31A	0,24B	0,17C
50	5,30B	5,76A	5,78A	74,58A	55,33B	48,08B	0,19A	0,14B	0,12B
70	4,74B	5,33A	5,33A	55,67A	42,83AB	32,42B	0,14A	0,11AB	0,08B
100	4,66C	4,98B	5,24A	52,25A	45,50A	32,33B	0,13A	0,12A	0,08B
CV (%)	32,57			96,01			97,41		

Médias seguidas de letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de SNK (P<0,05) \*Amostras coletadas no terço médio <sup>1</sup>Dose de N em kg ha<sup>-1</sup> aplicação<sup>-1</sup>; relação potássio:magnésio (K:Mg)

Os teores de fósforo (P), enxofre (S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), magnésio (Mg) e matéria orgânica (MO) foram mais elevados nas camadas mais superficiais (Tabela 9). O teor de MO em todas as profundidades encontra-se dentro do considerado ideal de acordo com a Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999), que é acima de 2,5. O teor de Mg<sup>+2</sup> em todas as profundidades, exceto na profundidade de 10-20 cm, está acima do considerado ideal, 0,90 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Tabela 9 – Médias de fósforo (P), enxofre (S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), magnésio (Mg<sup>+2</sup>) e matéria orgânica (MO), em função de profundidade, independente do percentual de sombreamento e da dose de nitrogênio, em solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu (Caeté/MG – dezembro/2009)

Camada	P (mg dm <sup>-3</sup> )	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	MO (dag kg <sup>-1</sup> )
0-2cm	5,78 A	4,96A	1,72 A	4,59 A
2-10cm*	4,07B	3,08B	1,12B	3,22B
10-20cm*	2,27C	2,52B	0,83C	2,57C
CV	66,67	102,09	68,97	36,95

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de SNK (P<0,05)

\*Amostras coletadas no terço médio

Aparentemente, de maneira geral, os valores de pH(H<sub>2</sub>O), pH(CaCl<sub>2</sub>), relação K:Mg, magnésio (Mg), matéria orgânica (MO) e enxofre (S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) tenderam a ser mais elevados nas doses mais baixas de N (Tabela 10).

Tabela 10 – Médias para pH H<sub>2</sub>O, pH CaCl<sub>2</sub>, relação K:Mg, magnésio (Mg), matéria orgânica (MO) e enxofre (S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), para a camada de 0-2cm, em função da dose de nitrogênio, em solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu (Caeté/MG – dezembro/2009)

Dose N <sup>1</sup>	pH H <sub>2</sub> O	pHCaCl <sub>2</sub>	K:Mg	Mg <sup>+2</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	MO (dag kg <sup>-1</sup> )	S-SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )
0	5,54	5,32	128,33	1,97	4,66	7,42
50	5,53	5,16	92,58	2,03	5,20	10,54
70	5,18	4,73	70,87	1,64	4,57	4,79
100	4,68	4,32	71,12	1,18	4,24	7,50
CV (%)	20,94	18,05	36,89	33,54	24,93	97,28

<sup>1</sup>Dose de N em kg ha<sup>-1</sup> aplicação<sup>-1</sup>s c

De maneira geral, os valores de pH H<sub>2</sub>O, K:MG e K<sup>+1</sup> reduziram com o incremento das doses de N, em cada camada (Tabela 8) e no perfil total do solo (Tabela 10). Os teores de

matéria orgânica (MO) tenderam a ser mais elevados nas doses mais baixas (Tabela 10). Na camada de 0-2cm, os valores de MO tenderam a ser mais elevados para as duas doses mais baixas 0 e 50 kg de N ha<sup>-1</sup> aplicação<sup>-1</sup>.

Os efeitos da aplicação de fertilizantes no solo são diretos (influência nos processos químico-físicos) e indiretos (incremento da produtividade e do retorno da matéria orgânica, por meio da senescência de tecidos vegetais e exsudatos de substâncias orgânicas produzidos pelas raízes vivas que aumentam a atividade biológica). A aplicação de fertilizantes a longo prazo, 10 anos por exemplo, tem aumentado os teores de matéria orgânica, da estabilidade dos agregados, da porosidade, da capacidade de infiltração, da condutividade hidráulica e na redução na densidade do solo. Avaliação de aplicação de fertilizantes por, 130 anos, em uma estação experimental no Reino Unido, os teores de matéria orgânica tenderam a permanecer em 189µg de C g<sup>-1</sup> com aplicações anuais de N, P, K, Mg e Na e em 128µg de C g<sup>-1</sup> quando não ocorreram fertilizações. Os teores de C e o número e biomassa de minhocas aumentaram proporcionalmente à quantidade de N aplicada. Em outra estação experimental, na Dinamarca, as áreas que receberam durante 90 anos aplicações anuais de NPK tiveram teores de carbono orgânico 11% superiores à área que não recebeu. A capacidade de troca catiônica também foi mais elevada na área fertilizada (Haynes e Naidu, 1998).

Isoladamente, a fertilização, melhora do manejo de pastagens e introdução de gramíneas foram responsáveis por, respectivamente, 61, 42 e 85% do incremento de C do solo. O percentual restante pode ser atribuído a variáveis climáticas como potencial de evapotranspiração e médias anuais de temperatura e precipitação (Conant et al., 2001).

No Brasil, Costa et al. (2008) realizaram um experimento com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com três anos de duração. Os teores de MO apresentaram ajuste linear com aumento das doses de N. Em relação à não aplicação de N, houve aumento de 42 e 48% desse parâmetro para a aplicação de 400kg de N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> na forma de, respectivamente, ureia e sulfato de amônia, chegando a valores de 27,4 e 31,8 g dm<sup>-3</sup>, na mesma ordem citada anteriormente. Ressalta-se que a pastagem original apresentava estágio moderado de degradação e pouca cobertura do solo. Em contrapartida, no presente experimento,

havia excesso de cobertura vegetal, chegando a formar macegas no local, antes da implantação dos tratamentos.

Costa et al., (2008) fizeram a ressalva de que o N aplicado em altas doses acelera a decomposição da MO, promovendo a redução do seu teor no solo. Essa pode ser a explicação para os resultados apresentados na Tabela 10. Possivelmente, em prazo mais longo, após a decomposição da MO advinda das macegas, os teores de MO passariam a apresentar variação no mesmo sentido das doses de N. Os resultados sugerem que a possibilidade de maior produção forrageira advinda do efeito da fertilização nitrogenada, levam a uma redução dos percentuais dos demais nutrientes do solo, caso não sejam repostos.

Conant et al. (2001) fizeram uma revisão de 115 trabalhos realizados em 300 locais distintos, que avaliaram técnicas de manejo como fertilização, introdução de leguminosas, adequação da carga animal, irrigação, introdução de minhocas, utilização de plantas perenes. De uma maneira geral, para todos os tipos de mudança de manejo da pastagem, houve aumento de 0,54 Mg de C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A fertilização pode levar ao aumento de 2,2% dos teores de C. Concluíram que os fatores que mais influenciam as taxas de seqüestro de C foram o histórico do manejo, as mudanças realizadas, clima e tipo de vegetação. A quantidade de carbono armazenado tendeu a ser maior nos 10 cm mais superficiais de solo e nos primeiros 40 anos de tratamento. Estima-se que 64% do C sequestrado está nos primeiros 50 cm mais superficiais. No presente estudo, conforme consta na Tabela 9, os teores de MO, assim como de outras variáveis, foram mais elevados nas camadas mais superficiais, podem ser resultados da maior deposição de nutrientes por meio da liteira.

Possivelmente o sombreamento natural, em relação à artificial, influenciaria mais os atributos de solos. Veintimilla (2003) constatou que florestas secundárias, pastagens melhoradas com uma densidade maior de árvores estocaram e pastagens degradadas armazenaram respectivamente 180,41, 173,09 e 134,71 t ha<sup>-1</sup> de C orgânico. Reis et al. (2010) encontraram diferenças nos seguintes atributos de solos quando houve influência de árvores: pH, Al<sup>+3</sup>, H + Al, S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mn, capacidade de troca catiônica a pH7.

## Conclusões

O sombreamento reduziu a mineralização da matéria orgânica o que influencia na menor disponibilidade dos nutrientes nela complexados. A aplicação de N favoreceu a exportação de nutrientes e reduziu os valores de pH e MO. Os teores dos nutrientes reduziram em função do aumento da profundidade.

## Referências bibliográficas

AGRICULTURA brasileira em números: anuário 2005. [Brasília, Brasil]: ANDA / MAPA, 2006. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/AGRICULTURA\\_EM\\_NUMEROS\\_2005/05.05.XLS](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/ESTATISTICAS/AGRICULTURA_EM_NUMEROS_2005/05.05.XLS)> Acessado em: 10/01/2007.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O.G. Fatores limitantes ao crescimento do capim – Tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos Cerrados de Minas Gerais, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2001.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.5. ed. Lavras, 1999. 359 p.

CONANT, R. T., PAUSTIAN, K., ELLIOTT, E. T. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological Applications*, v.11, n.2, p. 343–355, 2001.

COSTA, K. A. P., FAQUIN, V., OLIVEIRA, I. P., RODRIGUES, C., SEVERIANO, E.C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. i - alterações nas características químicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.32, p.1591-1599, 2008.

EICKHOUT, B.; BOUWMAN, A.F.; VAN ZEIJTS, H. The role of nitrogen in world food production and environmental sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 116, p.4-14, 2006.

HALBERG, N.; VEM DER WERF, H.M.G.; BASSET-MENS, C. et al. Environmental assessment tools for the evaluation and improvement of European livestock production systems. *Livestock Production Systems*, v. 96, p.33-50, 2005.

HAYNES, R.J., NAIDU, R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, n.51, p. 123–137, 1998.

LIMA, M.A.; LUIZ, A.J.B.; VIEIRA, R.F. et al. Emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) proveniente de solos agrícolas. [Brasília, Brasil], 2006. Disponível em: <<http://mct.gov.br/clima>> Acesso em: 10/12/2006.

NÖMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest. *Plant and Soil*, v. 39, n. 2, p. 309-318, 1973.

PEZO, D.; IBRAHIM, M. *Sistemas silvopastoriles*. Turrialba, Costa Rica: CATIE, Proyecto Agroflorestal CATIE/GTZ, 1998. 258p. (Materiales de enseñanza, 40).

PORT, O; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 38, n.7, 2003.

POWERS, J. S.; READ, J. M.; DENSLOW, J. S.; GUZMAN, S.M. Estimating soil carbon fluxes following land-cover change: a test of some critical assumptions fora region in Costa Rica *Global Change Biology* n.10, p.170–181, 2004.

REIS, G.L.; LANA; A.M.Q.; MAURICIO, R.M.; LANA, R.M.Q; MACHADO, R.M.; QUINZEIRO NETO, T. Influence of trees on soil nutrient pools in a silvopastoral system in the Brazilian Savannah. *Plant and Soil*, n. 329, p.185-193, 2010.

SANCHEZ, P.A. Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*. V.30, p. 5-55, 1995.

SIMÕES, S.M.O.; ZILLI, J.E.; COSTA, M.C.G.; TONINI, H.; BALIEIRO, F.C. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima. *Acta amazonica* v. 40, n. 1, p. 23 – 30, 2010.

STALENGA, J., KAWALEC, A. Emission of greenhouse gases and soil organic matter balance in different farming systems. *International Agrophysics*, n.22, p.287-290, 2008.

SOUSA, L.F., MAURÍCIO, R.M., GONÇALVES, L.C., SALIBA, E.O.S. MOREIRA, G.R. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.4, p.1029-1037, 2007.

STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V., HAAN, C. Livestock's long shadow: environmental issues and options [Roma, Itália], 2006. Disponível em <<http://www.virtualcentre.org>> Acesso em 17/12/2006.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro . 1991.

VILELA, D. Apresentação. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C., (Eds.). *Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 4-5

### CAPÍTULO III

#### **Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre a produtividade e caracteres bromatológicos da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**

#### **Shading and nitrogen fertilization on productive parameters of *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu**

##### **Resumo**

O objetivo desse estudo foi avaliar a influência da fertilização nitrogenada e do sombreamento artificial sobre a produtividade e variáveis bromatológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (BBM). O experimento foi conduzido na Fazenda Águas Formosas, em Caeté/MG, a aproximadamente 1000 m de altitude, nas coordenadas 19°47'39''S e 43°36'77''O. O solo é classificado como Latossolo vermelho. A BBM foi submetida a quatro doses de adubação (0, 50, 70 e 100 kg de N por aplicação) e a quatro percentuais de sombreamento (0, 47, 53 e 66%) por meio de tela de nylon. Os fatores sombreamento, dose de N e estação do ano apresentaram influência nas variáveis produtivas da forragem. Apesar de ser considerado de tolerância média, no presente experimento, durante a seca, o aumento dos valores de PMS da BBM ocorreu no mesmo sentido do incremento da dose de N e da luminosidade.

**Palavras-chave:** luminosidade, pastagem, sistema silvipastoril

##### **Abstract**

This study assessed the influence of nitrogen fertilization and artificial shade on the attributes of soil and forage in a pasture of *Brachiaria brizantha* cv Marandu (BBM). The experiment was conducted at Fazenda Águas Formosas in Caeté, Minas Gerais State, Brazil, 19°47'39''S, 43°36'77''W, altitude 1000 m. The soil is a Red latosol by the Brazilian soil classification (Typic Acrustox - USDA classification). BBM was subjected to four levels of fertilization (0, 50, 70 and 100 kg N per hectare per application) and four levels of shading (0, 47, 53 and 66%) through a nylon mesh. BBM dry matter production (DMP) increase correlated with N rate and luminosity increase. For the addition of each kg of N per hectare per application and 1% reduction in shading, there was an increase in DMP of approximately 0.5%. From these data, one can make the choice of a production system in

terms of shading and nitrogen fertilization that is more feasible both economically and environmentally.

**Keywords:** light, pasture, silvopastoral system

## 1. Introdução

Globalmente, as pastagens ocupam 3,4 bilhões de hectares (ha), o que corresponde a 70% da área destinada à agropecuária ou a 30% da área sem gelo. Em torno de 73% dessa área apresenta degradação do solo (Neely et al., 2009). As principais causas de degradação seriam o excesso de pastejo e a queda da fertilidade dos solos, especialmente por deficiência de nitrogênio (Paciullo et al., 2007).

Entre 1995 e 2030, a demanda global por pastagens deve crescer 33%, o que seria possível pelo aumento do uso de fertilizantes, consórcio de gramíneas e leguminosas e melhor manejo das pastagens (Bouwman et al., 2005). Outra alternativa para incrementar a produção forrageira é a associação de árvores com pastagens, constituindo sistemas silvipastoris (SSP). De acordo com Paciullo et al. (2007), esses sistemas podem favorecer a conservação do solo e da água, a melhoria das condições físicas e químicas do solo e o conforto térmico para os animais. Há relatos sobre o aumento do valor nutritivo da forragem sombreada.

A área do território brasileiro ocupada com pastagens é de cerca de 177,7 milhões de hectares, com uma lotação média da 0,9 a 1,0 animal ha<sup>-1</sup> (Silva e Nascimento Júnior, 2007a). Estima-se que de 80 a 90% das áreas de pastagens no País são constituídas por espécies forrageiras, do gênero *Brachiaria*, principalmente *B. decumbens* e *B. brizantha* (Paciullo et al., 2007). A *B. brizantha* cv. Marandu é considerada como de tolerância moderada ao sombreamento (Dias-Filho, 2002) e de alta capacidade produtiva (Andrade et al., 2004).

Comumente considera-se que a redução da luminosidade incidente para as forrageiras em SSP é a principal limitação encontrada, uma vez que a maioria das gramíneas utilizadas na pecuária nacional são adaptadas a elevada intensidade luminosa. Entretanto, dependendo do genótipo da planta, podem ocorrer alterações em seu metabolismo quando mantida sob diferentes níveis de luz (Lima, 2006). Andrade *et al.* (2001) constataram que a principal

limitação para a produção forrageira em um sistema silvipastoril, implantado no bioma Cerrado em Minas Gerais, não era a luminosidade, mas sim a baixa disponibilidade de nutrientes do solo. De acordo com Lima (2006), há estudos que indicam que em solos com baixa disponibilidade de nutrientes, o sombreamento pode aumentar o crescimento de gramíneas tropicais quando comparadas àquelas cultivadas a pleno sol nas mesmas condições edáficas.

Entretanto, apesar de altas produtividades agrícolas dependerem da aplicação de fertilizantes, principalmente dos compostos nitrogenados, a utilização mais intensiva destes nutrientes não implica necessariamente em aumentos na produção, pois a eficiência dos fertilizantes declina com uso de doses mais elevadas. Todavia, as lavouras utilizam somente 30 a 50% dos compostos nitrogenados, causando prejuízos aos ecossistemas naturais. Se as técnicas agrícolas correntes continuarem a ser utilizadas para dobrar a produção de alimentos, estes montantes de detritos tendem a triplicar (Tilman et al., 2002).

Nesse contexto, há necessidade de mensurar as condições ideais, em termos de sombreamento e fertilização, para a produção de forragem que atenda à crescente demanda por alimentos. Este experimento teve como objetivo estudar a influência do sombreamento e da fertilização com nitrogênio (N) sobre a produtividade e variáveis bromatológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (BBM).

## **2. Material e métodos**

### *2.1. Caracterização e localização do sistema*

O experimento foi conduzido na Fazenda Águas Formosas, em Caeté/MG, a aproximadamente 1.000m de altitude, nas coordenadas 19°47'39''S e 43°36'77''O, em uma encosta com declividade de até 45°. A vegetação original é típica de Mata Atlântica, mais precisamente floresta tropical estacional semidecidual (Veloso et al., 1991). O solo é classificado como Latossolo vermelho. Em dezembro de 2008, antes de iniciar os tratamentos, realizou-se a coleta de amostras de solos de 0-20 e 20-40cm de profundidade (Tabela 1).

Ressalta-se que a pastagem com aproximadamente cinco anos de implantação fora subpastejada e havia grande quantidade de macegas. Foi utilizada a roçadeira mecânica e as macegas foram removidas durante a implantação do experimento. Ressalta-se que a pastagem era subpastejada e havia grande quantidade de macegas que foram removidas durante a implantação do experimento.

Tabela 1 – Caracterização inicial dos atributos químicos de solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu (Caeté/MG-2008)

Variável	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
pH (H <sub>2</sub> O –1:2,5)	6,3	6,0
Matéria orgânica (dag kg <sup>-1</sup> )	3,6	1,8
Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )	5,3	1,1
Potássio (mg dm <sup>-3</sup> )	125	45
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,5	1,1
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	0,6
Alumínio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,2	2,2
Soma de bases	4,32	1,82
CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,32	1,82
CTC a pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,52	4,02
Saturação por bases (%)	66	45

Hidrogênio + Alumínio (H + Al) e capacidade de troca catiônica (CTC)

A BBM foi submetida a quatro doses de fertilizante nitrogenado, ureia, (0, 50, 70 e 100 kg de N ha<sup>-1</sup>aplicação<sup>-1</sup>) num total de cinco aplicações e quatro percentuais de sombreamento por meio de telas plásticas (tela de nylon) a 2,0m do solo, totalizando 16 tratamentos com quatro repetições. Ressalta-se que houve o cuidado para que a tela de nylon abrangesse toda a estrutura, inclusive as laterais do canteiro, evitando assim interferências de luminosidade nos tratamentos. Houve o espaço de 2m entre as estruturas para evitar interferência entre tratamentos. Havia incidência de luz durante todo o dia e as telas de nylon ficaram no sentido leste-oeste, acompanhando a curva de nível. A fertilização foi realizada perpendicular a essa. A dimensão maior ficava perpendicular à topografia. Os dados do fabricante da tela de nylon para os percentuais de sombreamento eram 30, 50 e 70%. Entretanto, ao longo do estudo, ao mensurar-se a Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA), constatou-se que os percentuais de sombreamento proporcionados pelas telas de nylon foram 47, 53 e 66%, calculados pela fórmula ((RFA<sub>sol</sub>-RFA<sub>sombra</sub>)\*100/RFA<sub>sol</sub>). O quarto percentual de sombreamento foi a pleno sol, logo 0% de sombra.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, sendo o gradiente fertilidade considerada a blocagem, com arranjos em parcelas sub-divididas com a adubação na parcela e sombreamento na sub-parcela. O experimento foi conduzido em canteiros de 3,0 x 2,0 m, sendo a parcela experimental útil de 2,0 m<sup>2</sup>.

## 2.2. Coleta dos dados

O experimento foi conduzido em canteiros de 3,0 x 2,0 m, sendo a parcela experimental útil de 2,0 m<sup>2</sup>. Junto à primeira aplicação de ureia, aproximadamente 30 dias antes do primeiro corte, foram aplicados 50 kg de K<sub>2</sub>O na forma de 90 kg de KCl ha<sup>-1</sup>. As coletas de forragem ocorreram em 2009, nos meses de março, abril, julho, outubro, novembro e dezembro.

A pluviosidade de 2009, mensurada por meio de pluviômetro instalado nas proximidades do experimento, está representada na Figura 1. O volume total de chuvas foi de 1.079mm, sendo que 15,11 e 20,20% ocorreram respectivamente em março e dezembro, quando foram registrados os dois maiores volumes. Tomando como critério os índices pluviométricos, considerou-se como estação chuvosa, ou estação 1, os meses de março, abril, outubro, novembro e dezembro. O mês de julho foi considerado como estação seca, ou estação 2.

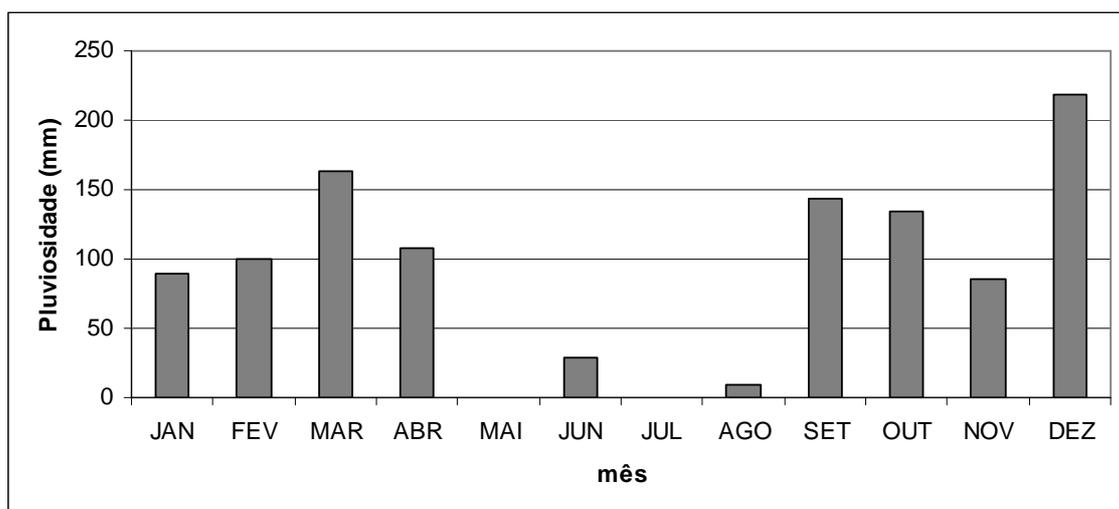


Figura 1 – Pluviosidade no local e período do estudo (Caeté/MG – 2009)

A produção forrageira foi coletada a 10 cm de altura e pesada imediatamente para evitar erro na estimativa do teor de matéria seca. Em seguida, realizava-se a uniformização da forragem do canteiro a 10cm de altura por meio de uma roçadeira costal e aplicação de nitrogênio na forma de ureia, exceto no mês de julho, simulando uma situação real de não aplicar fertilizante nitrogenado em época de baixa pluviosidade.

Do montante de forragem coletado, fazia-se amostragem de 200g para análise laboratorial. Em três repetições da forragem coletada, separou-se 400g em matéria morta, limbo e haste junto com bainha. Em seguida, o material permanecia em estufa de circulação forçada a 60°C até atingirem peso constante. Considerou-se como produção da biomassa útil (BU) a diferença entre a produção de massa seca total e a da biomassa senescente.

Nos meses de março, julho, outubro e novembro, por meio do quantômetro digital (LI-1400 DataLogger), realizaram-se a cada 30min, a partir das 7h, no mínimo 16 mensurações de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), radiação global (RG) temperatura e da umidade relativa do ar (UR%) em cada estrutura sombreada montada.

Em todos os cortes, estimou-se o índice de área foliar (IAF) por meio do aparelho LI-COR modelo LAI 2000. Para evitar interferências nas medições, essas foram realizadas até as 9h, nos pontos de amostragem da forrageira, a partir de uma leitura de referência realizada dentro da estrutura e acima do dossel da forrageira. Para cada canteiro, realizaram-se cinco leituras abaixo do dossel forrageiro, realizadas no nível do solo. Mensurou-se também a altura das forrageiras.

### 2.3. Análises laboratoriais

As determinações da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), matéria seca (MS) e matéria mineral (MM) foram realizadas por meio de espectroscopia de reflectância de infravermelho proximal (NIRS). O equipamento utilizado foi um espectrômetro de reflectância no infravermelho próximo com transformada de Fourier NIRS VIS BUHLER adaptado a um *software* quimiométrico BCAP (Buhler Chemical Analytic Package) de acordo com Saliba et al. (2003).

Para os meses de julho e novembro, realizaram-se as análises de lignina pelo método sequencial (Van Soest et al., 1991), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) de acordo com Licitra et al. (1996). A partir da diferença entre os valores de FDN e FDA estimou-se o conteúdo de hemiceluloses (HCEL) e da diferença entre os valores de FDA e lignina estimou-se o conteúdo de celulose (CEL) (Van Soest et al., 1991). Para a forragem produzida nesses meses, estimaram-se as frações protéicas sendo que a fração A+B1+ B2 foi obtida pela diferença das demais frações com o teor de PB na MS. Obteve-se o valor da fração B3 pela diferença entre a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) (Sniffen et al., 1992). A fração C foi determinada pela PIDA (Van Soest et al., 1991). Os valores de PIDA e de PIDN foram calculados multiplicando-se os valores de NIDA e NIDN por 6,25 (Ferolla, 2008).

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição da Escola de Veterinária da UFMG e no Laboratório do campus Florestal da UFV.

#### 2.4. Análises estatísticas

Foram realizados testes de Lilliefors e Bartlett para verificar normalidade e homocedasticidade, respectivamente. Para analisar a influência da fertilização e do sombreamento sobre os atributos produtivos da forragem foi realizada a análise de variância de acordo com o modelo estatístico a seguir:

$Y_{ijkm} = \mu + B_m + A_i + \lambda_{im} + S_j + (AS)_{ij} + \alpha_{ijk} + E_k + (AE)_{ik} + (SE)_{jk} + (ASE)_{ijk} + \gamma_{ijkm}$ , em que:

$Y_{ijkm}$  = observação da adubação i, no sombreamento j, da estação do ano k, no bloco m

$\mu$  = efeito médio geral

$B_m$  = efeito do bloco m, sendo m = 1, 2, 3 e 4;

$A_i$  = efeito da adubação i, sendo i = 0, 50, 70 e 100 kg de N por aplicação;

$\lambda_{im}$  = efeito do erro aleatório atribuído à parcela da adubação i no bloco m;

$S_j$  = efeito do sombreamento j, sendo j = 0, 47, 53 e 66% de sombreamento;

$(AS)_{ij}$  = efeito da interação adubação e sombreamento;

$\alpha_{ijm}$  = erro aleatório atribuído à sub-parcela da adubação i, do sombreamento j do bloco m;

$(AE)_{ik}$  = efeito da interação adubação e estação do ano;

$(SE)_{jk}$  = efeito da interação sombreamento e estação do ano;

$(ASE)_{ijk}$  = efeito da interação entre adubação, sombreamento e estação do ano;

$\gamma_{ijkm}$  = erro aleatório atribuído à sub-subparcela da adubação i, no sombreamento j, estação do ano K do bloco m;

Foi realizada análise de regressão para doses de fertilização nitrogenada e sombreamento, considerando o ciclo anual da forrageira. A correlação de Pearson foi utilizada para estimativas das correlações entre atributos da forragem.

### 3. Resultados e discussão

Nas Tabelas 2 e 3, estão apresentadas as médias e regressões das variáveis climáticas, respectivamente. Os valores de RFA e RG, como esperado, diminuíram com o aumento do sombreamento. O ponto mínimo de temperatura e máximo de URA foram obtidos para sombreamento próximos de 0%. Em contrapartida, Lima (2006) encontrou temperaturas semelhantes entre as estruturas montadas e fora delas.

Tabela 2. Médias mensais de variáveis climáticas, radiação fotossinteticamente ativa (RFA), radiação global (RG), temperatura e umidade relativa do ar (URA) (Caeté/MG, 2009)

Mês	Variáveis climáticas			
	RFA ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	RG ( $\text{watts}\cdot\text{m}^{-2}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	URA (%)
3	692,71	365,67	29,29	47,51
7	642,80	313,02	28,59	40,29
10	394,78	218,22	29,58	47,51
11	859,07	415,20	31,71	60,26
Sombreamento (%)**	RFA ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	RG ( $\text{watts}\cdot\text{m}^{-2}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	URA (%)
0	1106,59	565,02	29,96	47,04
47	586,83	299,04	29,67	49,49
53	523,46	265,59	29,71	49,25
66	372,91	181,46	29,78	48,16
Média	647,72	329,61	29,78	48,49
CV (%)	59,80	62,65	33,64	24,38

\*\*Os percentuais de sombreamento proporcionados pelas telas de nylon foram 47, 53 e 66%, calculados pela fórmula  $(\text{RFA}_{\text{sol}} - \text{RFA}_{\text{sombra}}) \cdot 100 / \text{RFA}_{\text{sol}}$

As médias dos atributos produtivos e análise bromatológica de BBM estão representados na Tabela 4. Médias de altura, FDN e FDA foram mais elevadas na estação chuvosa. Ao passo que o oposto tendeu a ocorrer com ângulo médio da folha (AMF), teor de MS e PB. A PMS média mensal de 138,65g m<sup>-2</sup> corte<sup>-1</sup>, em seis cortes, superando os dados relatados por Brassard e Barcellos (2005), de que a PMS anual de pastagens de *Brachiaria* no cerrado, com mais de cinco a sete anos de implantação, varia entre 200 a 400g m<sup>-2</sup>.

Tabela 3 - Estimativas de equações de regressão para o efeito médio de sombreamento das variáveis: radiação fotossinteticamente ativa (RFA), radiação global (RG), temperatura e umidade relativa do ar (URA) (Caeté/MG, 2009)

Variável	Estimativa	Ponto de máximo ou mínimo	r <sup>2</sup> (%)
RFA	1101,30 – 11,20 sombra	-	99,93
RG	567,40 – 5,87 sombra	-	99,96
Temperatura	29,96 – 0,014 sombra + 0,00017sombra <sup>2</sup>	40,34	98,79
URA	47,04 + 0,14sombra -0,001879sombra <sup>2</sup>	37,25	99,82

Tabela 4 – Atributos produtivos e análise bromatológica de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (BBM) em distintas condições de sombra e doses de nitrogênio durante as estações chuvosa (1) e seca (2) (Caeté/MG-2009)

Variável*	Estação 1	Estação 2	Média	CV (%)
Altura (cm)	19,09A	14,27B	18,29	14,45
Índice de Área Foliar	4,48	4,41	4,46	11,61
Interceptação Luminosa (x100) (%)	0,97	0,97	0,97	1,56
Ângulo médio da folha	39,95B	42,22A	40,58	10,36
Matéria seca (%)	21,47B	26,04A	22,25	10,36
Matéria mineral (%)	8,81	8,88	8,82	4,99
Produção matéria seca (g m <sup>-2</sup> )	153,84	62,70	138,65	17,23
Proteína bruta (%)	15,77	15,88	15,79	3,73
Fibra em detergente neutro (%)	72,28A	71,29B	72,09	1,37
Fibra em detergente ácido (%)	30,77A	30,11B	30,65	2,23

\*Médias dos meses de março, abril, julho, outubro, novembro e dezembro

Houve redução de aproximadamente 0,5% na PMS para o decréscimo de 1% da luminosidade (Figura 2). Ou seja, para um percentual de sombreamento de 20%, haveria a redução de 10% da produção, o que poderia ser compensado pelo melhor aproveitamento da forragem em função do maior tempo de pastejo e condições ambientes que

possivelmente reduzem a demanda nutricional dos animais. Isto pode ser observado no trabalho de Kallenbach et al. (2006). Esses pesquisadores, ao compararem a produção de *Lolium multiflorum Lam.* e *Secale cereale L.* com e sem influência de *Pinus rigida Mill.*, concluíram que a forragem sombreada produziu em torno de 20% a menos de matéria seca em relação a que cresceu em área aberta. Entretanto, até as arbóreas completarem seis a sete anos de idade, não houve diferença na produção de carne entre as áreas com e sem árvores. As árvores, ao proporcionarem proteção contra temperaturas extremas, podem ter compensado a menor produção de forragem. Paciullo et al. (2009) concluíram que o sombreamento moderado no sistema silvipastoril não interfere na capacidade de suporte do pasto e no desempenho de novilhas leiteiras.

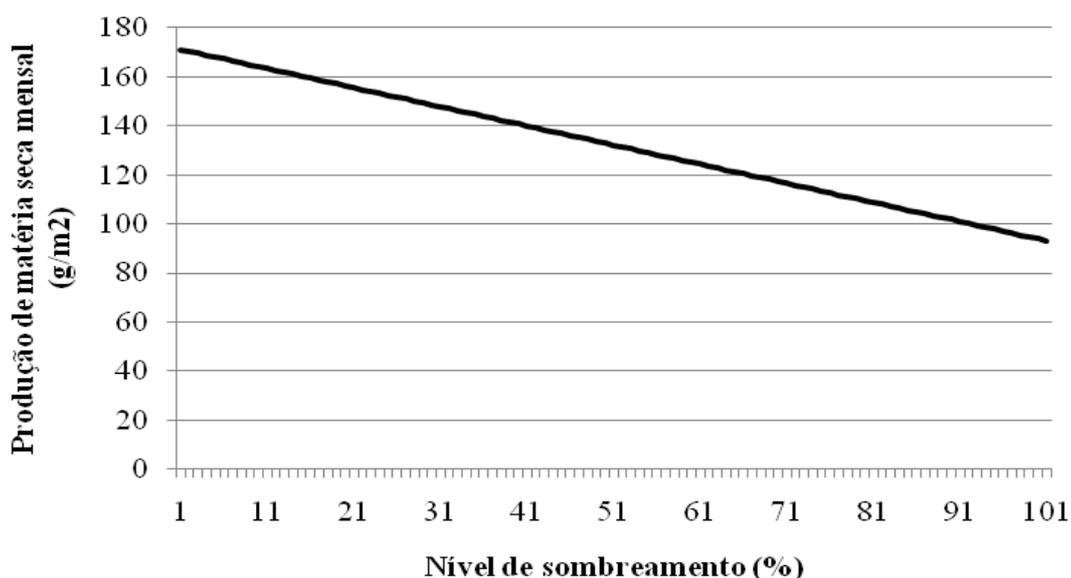


Figura 2 - Comportamento da variável produção de matéria seca (PMS) em função de percentuais crescentes de sombreamento. A equação utilizada foi:  $PMS=171,19-0,78sombra$  ( $r^2=88,99$ )

O fator preponderante que limita a produção de leite de vacas mantidas exclusivamente em pastagens tropicais é a capacidade de ingestão de MS de forragem (Santos et al., 2007). Logo, fica evidente a prioridade de melhorar a eficiência de colheita e não apenas aumentar a produção forrageira, sendo importante criar ambientes pastoris adequados para atender aos requerimentos dos animais (Silva e Nascimento Júnior, 2007a). A ocorrência de fenômenos mais extremos, como secas mais severas, pode ter os efeitos para a produção forrageira amenizados pela presença de árvores na pastagem (Carvalho et al. (2002), Reis (2007) e Sousa (2009)).

Além disso, há a possibilidade de nova fonte de renda como os produtos advindos das árvores e ganhos ambientais que podem ser remunerados (Pagiola et al., 2004). Nair (1998) reforça que não se deve avaliar os SSPs somente por uma variável isoladamente, mas, sim, pela somatória delas, pois, podem prestar muitos produtos e serviços.

Geralmente, a produção de forragem decresce com o aumento do percentual de sombreamento. Todavia, dependendo da espécie, em condições de sombreamento moderado, maiores rendimentos forrageiros podem ser obtidos (Paciullo et al., 2007). Em um experimento realizado em Rio Branco, Acre, a resposta do capim BBM, tanto para o período chuvoso quanto para o período seco, ajustou-se a modelos quadráticos, com as maiores taxas de acúmulo de MS verificadas nos percentuais intermediários de sombreamento. Em relação à forragem produzida a pleno sol, o percentual de forragem produzido foi 112; 86 e 40%, respectivamente, na estação chuvosa e 143; 137 e 88%, na mesma ordem durante o período seco, para os percentuais de sombreamento de 30, 50 e 70%. Percebem-se que os percentuais foram mais elevados durante o período seco o que refletiria a amenização do estresse hídrico pelo sombreamento artificial e a redução da sazonalidade da produção de gramíneas forrageiras (Andrade et al., 2004). Entretanto, há relatos de, em condição de baixa quantidade de N no solo, obteve-se a produção máxima de *B. brizantha* quando cultivada sob 55% de sombreamento (Castro et al., 1999). *Panicum maximum* também teve produção de MS mais elevada quando cultivado em percentuais moderados de sombreamento artificial, entre 30 e 40% (Castro et al. (1999) e Lima (2006)). No estudo de Castro et al. (1999), em relação ao tratamento a pleno sol, a produção de MS da BBM decresceu 24,38 e 26,77% com os sombreamentos de 30 e 60%, respectivamente. Reis (2007) avaliou a produção de BBM em áreas com e sem influência de árvores, durante um mês típico de veranico, no qual a pluviosidade foi de 44,6mm em Lagoa Santa/MG. Ambas as pastagens não eram adubadas. Na densidade de 160 árvores/ha da espécie Ipê Felpudo (*Zeyheria tuberculosa*), com aproximadamente 60% de sombreamento, a produção de matéria seca da forrageira foi a mesma das áreas com e sem presença de árvores, durante o período avaliado.

As telas de nylon reduzem a intensidade da radiação, mas, ao contrário do sombreamento natural, não alteram a qualidade da luz. Essa alteração causada pelo sistema com árvores

inibe com maior intensidade o perfilhamento das gramíneas (Andrade et al., 2004). De toda maneira, a luz é importante no surgimento de novos perfilhos (Paciullo et al., 2008). A redução da densidade destes em condições de sombreamento intenso (65%) parece estar relacionada à menor produção forrageira em condições de luminosidade reduzida (Paciullo et al., 2007), apesar de existir a possibilidade de compensação da produção por meio de aumento nas taxas de alongamento de folhas e colmos, em sombreamento mais intenso (Paciullo et al., 2008). Entretanto, na análise atual, a altura da forragem não foi influenciada pelo sombreamento, mas somente pela estação e pela dose de N (Tabelas 4 e 5). Na estação chuvosa, o valor foi superior (Tabela 4). Aparentemente, houve diferença entre o tratamento sem adubação e os demais tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5 – Médias de altura (em cm) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (BBM) em distintas doses de nitrogênio nas estações chuvosa e seca (Caeté/MG-2009)

Dose N	Estação chuvosa	Estação seca	Média
0	15,59	11,44	14,90
50	19,65	14,37	18,77
70	19,40	15,37	18,73
100	21,74	15,87	20,76
Média	19,09A	14,27B	18,29

Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem entre si pelo teste de SNK (P<0,05)

Independente da estação, não houve ajuste de modelo de regressão para as respostas PMS (Tabela 6) e da BU (Tabela 7) em função da dose de N e percentual de sombreamento.

Tabela 6 – Atributos produtivos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (BBM) em distintas condições de sombreamento e doses de nitrogênio (Caeté/MG-2009)

Dose N*	PMS (g m <sup>-2</sup> )	MS (%)	IAF	IL
0	108,92	25,43	4,14	0,96
50	145,27	23,83	4,43	0,97
70	142,69	22,93	4,61	0,97
100	157,72	23,26	4,63	0,98
Sombreamento	PMS (g m <sup>-2</sup> )	MS (%)	IAF	IL
0	169,78	27,07	5,47	0,99
47	143,28	23,10	4,51	0,98
53	123,63	22,57	4,18	0,97
66	117,92	22,71	3,65	0,95

produção de matéria seca (PMS), percentual de matéria seca (MS), índice de área foliar (IAF) e interceptação luminosa (IL) \*Dose de N em kg ha<sup>-1</sup> aplicação<sup>-1</sup>s

Tabela 7 – Atributos produtivos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (BBM) em distintas condições de sombreamento e doses de nitrogênio (Caeté/MG-2009)

Dose N	Biomassa útil		Relação vivo/morto		*Relação limbo/h+b	
	Média	Média	Estação 1	Estação 2	Estação 1	Estação 2
0	91,41	6,86	8,12	1,80	5,36	1,55
50	133,11	13,55	13,84	3,77	3,53	1,82
70	103,33	13,86	15,49	4,76	5,38	2,54
100	116,39	8,15	9,80	4,59	3,26	2,35
Média	-	-	11,81	3,73	4,40A	2,12B
CV (%)	11,50		39,17		41,02	

\* Relação limbo/haste+bainha (h+b)

Médias seguidas de letras distintas nas linhas, diferem entre si pelo teste de SNK ( $P < 0,05$ )

Para a adição de cada 1 kg de N por aplicação por hectare e 1% de redução de sombra, houve o acréscimo na PMS de aproximadamente 0,5% (Figura 3). Johnson et al. (2001), trabalhando com Tifton 85, obtiveram um incremento da produção de forragem de 129% ( $P < 0,01$ ) ao aumentar a dose de fertilizante nitrogenado de zero para 78 kg de N  $ha^{-1} corte^{-1}$ . Doses acima deste valor não representaram aumentos de produção.

A presença das telas de nãilons e a fertilização reduziram os teores de MS (Tabela 6). No estudo de Castro et al. (1999), os teores de MS, na seqüência de 0, 30 e 60% de sombreamento foram de 26,46; 22,66 e 20,65%, bastante próximos dos valores da Tabela 6. Logo, o sombreamento artificial, mesmo sem influenciar a temperatura (Tabela 2), interfere na RFA e RG alterando a constituição da forragem.

As telas de náilon foram utilizadas com a intenção de simular a presença de árvores na pastagem em densidades distintas. Entretanto, além da qualidade da luz, as árvores também interferem na temperatura ambiente, amenizando-a a trazendo benefícios para a forragem. Lima (2006) relata que temperaturas elevadas comprometem a digestibilidade da massa seca da forragem, devido ao aumento nas atividades metabólicas da planta resultando em decréscimo no conjunto de metabólitos do conteúdo celular. Assim, os produtos fotossintéticos são rapidamente convertidos em componentes estruturais. Além disso, altas temperaturas ambientais podem promover aumento na lignificação da parede celular. De acordo com Paciullo et al. (2001), isto explica, em grande parte, a menor qualidade de gramíneas forrageiras tropicais em relação às temperadas.

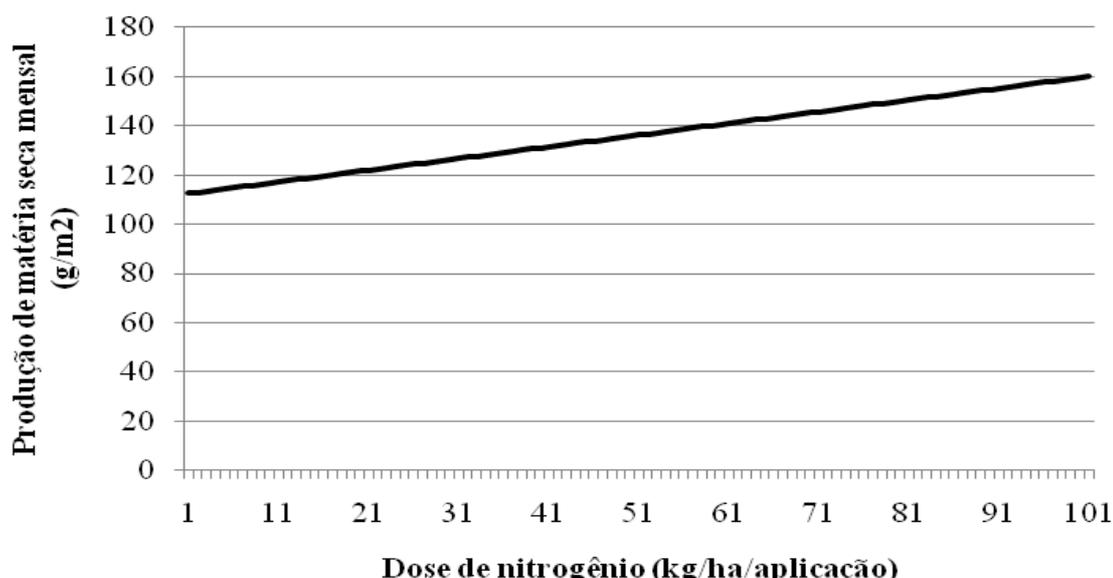


Figura 3 – Comportamento da variável produção de matéria seca (PMS) na estação seca em função de doses crescentes de nitrogênio. A equação utilizada foi:  $PMS=112,49+0,47N$  ( $r^2=87,45$ ).

Muitos autores relatam redução dos teores de MS à medida que aumenta o sombreamento devido ao desenvolvimento mais lento dos tecidos e da menor perda de água, tornando as gramíneas sombreadas mais suculentas. O teor de MS pode reduzir da época chuvosa para a estação seca em aproximadamente 25 e 29% devido a mecanismos que minimizam a perda de água como o fechamento dos estômatos. Outro fato que pode favorecer o maior teor de umidade é a maior proporção de folhas em forragens sombreadas (Sousa, 2009). O teor de MS mais reduzido na forrageira sombreada em relação à não sombreada, resulta em maior suculência e palatabilidade, principalmente na época menos chuvosa do ano, quando o pasto se apresenta muito seco (Andrade et al., 2002).

Para as variáveis BU e relação vivo/morto (V/M), na média das estações, os tratamentos com fertilização apresentaram médias aparentemente superiores em relação ao que não recebeu ureia (Tabela 7). A relação V/M pode ser representada pelo modelo  $Rel\ V/M = 6,79+0,27N-0,0026N^2$  ( $r^2 = 95$ ). O valor máximo dessa variável foi obtido com a dose de 51,92kg de N. Não houve efeito do sombreamento sobre a relação V/M, ao passo que, no estudo de Castro et al. (1999), o teor de material morto mais que dobrou quando o sombreamento passou de 0 para 30%. Por outro lado, Carvalho et al. (1994) e Souza (2005) encontraram maior quantidade de material morto nas forrageiras não sombreadas.

Sousa (2009), durante a estação chuvosa, encontrou valores mais elevados da relação de material vivo (verde) e morto (V/M) na BBM sombreada em comparação ao monocultivo, com variações entre 9,89 e 15,53 e 6,55 a 10,92, respectivamente. Durante o restante do ano, os valores foram menores, entre 1,27 a 6,35, mas sem diferença entre tratamentos.

No presente experimento, o sombreamento não surtiu efeito sobre os valores de BU. Castro et al. (1999) sugerem que a redução do acúmulo de tecido senescente devido ao sombreamento pode estar relacionada tanto com a menor velocidade de desenvolvimento das plantas cultivadas sob luminosidade reduzida quanto com as condições microclimáticas desse ambiente como a menor temperatura. Lima (2006) entendeu que os tratamentos que propiciaram maiores taxas de crescimento foram os que obtiveram maior quantidade de material senescente. Todavia, a porcentagem de biomassa senescente em relação a massa seca total variou com a espécie forrageira. O aumento do sombreamento diminuiu linearmente a BU de *B. decumbens* quando esta espécie recebeu o percentual máximo de adubação.

De acordo com Lima (2006) a morte de perfilhos em pastagens é influenciada por fatores como sombreamento, florescimento, pastejo severo, pisoteio, deposição de fezes e urina, e predação por insetos. Entretanto, a principal causa é o auto-sombreamento, devido ao desenvolvimento do dossel. Silva e Nascimento Júnior (2007b) recomendam interromper a rebrotação dos pastos quando os mesmos atingem 95% de interceptação da luz (IL), com o intuito de alcançar maior produção de forragem com elevada proporção de folhas e baixa proporção de material morto. Nesse ponto, a diferença entre os processos de crescimento e senescência seriam máximos, permitindo maior acúmulo de forragem, e corresponderia ao final da fase linear de crescimento da curva sigmóide. De acordo com Silva e Nascimento Júnior (2007a), quando a restrição da luminosidade for acima de 95% do dossel forrageiro, as plantas iniciam um segundo estágio de rebrotação, o alongamento de colmos, responsável pelo sombreamento e senescência de folhas basais, resultando em aumento na proporção de hastes e material morto na massa de forragem antes do pastejo. Para o Mombaça, o valor de 95% refletiu em forragem com maior teor de digestibilidade e de proteína bruta.

Quando a interceptação da máxima quantidade de luz incidente chega a 95%, atinge-se o IAF denominado ótimo ou crítico. Nessas condições, há um mínimo de auto-sombreamento. Os valores do IAF crítico para pastagens situam-se normalmente entre 3,0 e 5,0. Os maiores valores de IAF são influenciados pelo porte mais alto, hastes grandes, folhas largas e compridas. Por outro lado, esses valores reduzem quando há estresse hídrico. Outros fatores que afetam o IAF são o ângulo de inserção entre a folha e o caule e a rigidez das folhas (FAGUNDES et al., 1999). Não houve diferença significativa dos valores de IAF entre as estações (Tabela 4), o que pode ter ocorrido devido à menor frequência de cortes na estação seca. Os valores de IAF da forragem sombreada do presente estudo estiveram próximos aos relatados por esses autores como IAF ideais (Tabela 4, 6 e 8). Possivelmente, a pleno sol, haveria necessidade de menor intervalo de pastejo para alcançar-se IAF abaixo de 5,0 e IL de 95%. Este último valor ficou pouco abaixo do IL médio do estudo, 97% (Tabela 4). Logo, os fatores sombreamento e dose de N devem ser considerados para ajustar a frequência de corte da forragem, pois, independente da estação, os valores de IAF e IL tenderam a incrementar com o aumento da luminosidade e da dose de N (Tabelas 6 e 8). A variável IL apresentou ponto de máximo quando a dosagem de N utilizada foi de 100kg ha<sup>-1</sup> aplicação<sup>-1</sup> e sombreamento de 10% (Tabela 8).

Esses dados não estão de acordo com Sousa (2009) que encontrou valores de IAF mais elevados na BBM sombreada em relação à cultivada em pleno sol, durante a época chuvosa, quando foram obtidos os maiores valores de IAF. Em contrapartida, na época seca, não houve diferença entre os tratamentos. Paciullo et al. (2007) relatam que em condições de sombreamento as folhas de gramíneas tropicais, alongam-se e tornam-se mais delgadas em resposta a menor quantidade de luz o que pode resultar em maior IAF. Entretanto, Sousa (2009) ressaltou que não há consenso nesse sentido e a redução da luminosidade pode resultar em valores mais baixos de IAF devido a fatores como a redução de número de perfilhos. De acordo com Paciullo et al. (2007), o aumento da luminosidade favorece o IAF, a produção de MS e a densidade de perfilhos. Lima (2006) relatou que a disponibilidade de N também favoreceu a maior produção de perfilhos. O aumento gradual do sombreamento forçaria a BBM a antecipar o ciclo. Assim, o IAF máximo, ou seja, quando a taxa de crescimento da cultura é máxima, seria alcançado pela BBM solteira antes da sombreada (Portes et al., 2000).

Tabela 8 - Média, ponto de máximo ou mínimo e estimativas de equações de regressão para índice de área foliar (IAF), interceptação luminosa (IL), produção de matéria seca (PMS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM) em função da estação do ano, sombreamento e dose de nitrogênio no ensaio conduzido na Fazenda Águas Formosas (Caeté/MG, 2009)

Fator fixo	Variável	Média	Estimativa	Ponto de máximo ou mínimo	r <sup>2</sup> (%)
-	IAF	4,47	4,17 + 0,005N	-	83,85
Estação = 1	IAF	4,48	5,37-0,02sombra	-	98,12
Estação = 2	IAF	4,41	5,63-0,03sombra	-	94,77
Estação = 2	IL	0,97	0,96+0,0002N-0,000001N <sup>2</sup>	100	99,89
Estação = 2	IL	0,97	0,99+0,0002sombra-0,00001sombra <sup>2</sup>	10	99,95
Estação = 1	PB	15,77	16,23-0,01sombra	-	88,03
Estação = 2	PB	15,88	17,04-0,03sombra	-	93,55
Dose N= 0	PB	16,17	16,83-0,02sombra	-	93,13
DoseN=50	PB	15,73	16,44-0,02sombra	-	92,81
DoseN=70	PB	15,64	16,13-0,01sombra	-	97,33
DoseN=100	PB	15,59	16,11-0,01sombra	-	87,53
Sombra=0	PB	16,40	16,84-0,008N	-	86,83
Sombra=47	PB	15,67	16,05-0,16N <sup>1/2</sup> +0,01N	64	94,12
Sombra=53	PB	15,57	15,88-0,006N	-	99,41
Sombra=66	PB	15,49	15,89-0,015N+0,0001N <sup>2</sup>	75	98,30
Estação=1	FDN	72,28	72,03+0,01N-0,00005N <sup>2</sup>	100	98,60
Estação=2	FDN	71,29	70,76+0,02N-0,00016N <sup>2</sup>	100	99,78
-	FDA*	35,49	37,75-0,19sombra+0,002sombra <sup>2</sup>	47,5	99,83
-	MM	8,82	9,11-0,12sombra	-	98,16

IL em (% x 100), PMS em (g m<sup>-2</sup>corte<sup>-1</sup>), PB, FDN, FDA, MM em % \*médias dos meses de julho e novembro

Na estação chuvosa, houve maior produção de limbo em comparação aos componentes haste e bainha, resultando em maior relação limbo/haste+bainha (L/H+B) (Tabela 7). Após a dose de 70 kg de N ha<sup>-1</sup>, aparentemente, diminui essa relação. Esse efeito pode ter sido causado pela maior necessidade de sustentação da planta e maior produção de haste. O sombreamento surtiu efeito somente na estação seca (L/H+B = 6,16-0,055sombra; r<sup>2</sup> = 98,42%). Por outro lado, Sousa (2009) encontrou maior relação (L/H+B) na BBM sombreada em relação ao monocultivo no período de seca, respectivamente 2,79 e 1,36. Nessa situação, parece que as árvores amenizaram o *deficit* hídrico. Na época de chuvas, não houve diferença entre os tratamentos, mas, de maneira geral, os valores, com oscilação entre 4,54 e 5,66, foram mais elevados em relação à época de menor pluviosidade. Os

valores relatados por esse autor nas duas estações estão bastante próximos ao do presente experimento. De acordo com Lima (2006), a *Brachiaria decumbens*, em situações com limitada disponibilidade de nutrientes, apresenta maior razão folha:colmo, independente do percentual de sombreamento. Em contrapartida, *Panicum maximum*, ao receber maior aporte de fertilizantes aumenta a biomassa de colmo. O valor nutritivo de gramíneas forrageiras varia em função da espécie, idade da planta, condições de temperatura, umidade, luminosidade e fertilidade do solo.

Apesar da luz não atuar diretamente na absorção de elementos minerais pelas plantas, afeta alguns processos biológicos como respiração, transpiração e fotossíntese, que alteram os teores de minerais dos tecidos vegetais (Castro et al.,2001). No presente experimento, o aumento do sombreamento levou à redução dos teores de MM (Tabela 8). Em contrapartida, Sousa (2009) não encontrou diferença dos teores de matéria mineral entre forragem sombreada e cultivada a pleno sol. Entretanto, a maior pluviosidade incrementou os teores de MM da forragem sombreada o que pode ser parcialmente explicado pela maior mineralização da matéria orgânica dos solos em SSP, durante a estação chuvosa do ano. Entretanto, o fato de as forrageiras sombreadas serem mais jovens fisiologicamente que as forrageiras a pleno sol, parece ser o principal motivo desse incremento, pois plantas mais jovens fisiologicamente têm maior atividade metabólica e conseqüentemente necessitam de mais minerais.

Para ambas as estações, o valor máximo de FDN foi atingido com a dose de N equivalente a 100kg ha<sup>-1</sup>aplicação<sup>-1</sup> ao passo que o valor mínimo de FDA foi obtido com 47,5% de sombra (Tabela 8). Esses efeitos podem ser observados também na Tabela 9. Por outro lado, Johnson et al. (2001), que avaliou fertilizações de N com doses variando entre 0 e 157kg de N ha<sup>-1</sup>corte<sup>-1</sup>, relata decréscimo dos teores de FDN com o acréscimo progressivo da dose de N. Entretanto, há variação entre forrageiras da quantidade de N no conteúdo celular ou associado à parede celular.

De acordo com Daccarett e Bludenstein (1968), a forragem sombreada pode ter teores mais elevados de fibra, que segundo Sousa et al. (2007) resultaria do maior estiolamento. Entretanto, Reis (2007) encontrou valores de FDN, FDA e lignina semelhantes entre a gramínea sombreada e cultivada a pleno sol. Carvalho et al. (2002) também não

encontraram diferença estatística entre os percentuais de FDN das forrageiras sombreada e a pleno sol, 73,92 e 73,12%, respectivamente.

Tabela 9 – Atributos produtivos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (BBM) em distintas condições de sombreamento e doses de nitrogênio (Caeté/MG-2009)

Dose N	IAF	FDN (%)	FDA (%)	Celulose (%)	PB (%)	PIDN (%)	A+B1+B2 (%)	B3 (%)
0	4,14	71,43	37,25	34,02	16,66	4,90	11,75	2,20
50	4,43	71,88	34,46	31,18	15,83	6,35	9,48	3,29
70	4,61	72,07	34,49	31,83	15,61	6,37	9,24	3,67
100	4,63	72,03	35,30	31,59	15,49	6,24	9,25	3,09
<b>Sombreamento</b>								
0	5,47	71,17	37,85	33,99	16,94	5,07	11,88	2,19
47	4,51	72,08	33,45	30,33	15,78	6,38	9,40	3,52
53	4,18	71,87	34,53	31,92	15,62	6,36	9,26	3,24
66	3,65	72,29	35,67	32,40	15,25	6,06	9,19	3,30

índice de área foliar (IAF), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), soma das frações protéicas(A+B1+B2), fração protéica B3

Igualmente, Sousa (2009) não encontrou influência da luminosidade nos teores dos constituintes da parede celular FDN, FDA, hemiceluloses e celulose da BBM. Os teores de FDN, que influenciam significativamente o consumo, variaram de 66 a 76%, sendo mais elevados na estação seca, assim como os teores de hemiceluloses. Em contrapartida, a celulose não teve o mesmo comportamento e apresentou interação entre luminosidade e época do ano e o valor médio obtido foi de 29,86%. Normalmente, os teores de FDN de forrageiras tropicais são altos, acima de 65% em rebrotas e de 75% a 80% em estágios mais avançados de maturação, pois à medida que a planta amadurece, os teores dos componentes da parede celular aumentam às expensas daqueles do conteúdo celular. Em dois estudos, os percentuais de FDA, reduziram aproximadamente cinco unidades percentuais do período da seca para o das águas, de 40 para 35% e de 37,83 para 33,08%. Ressalta-se que, como a FDA das gramíneas tropicais apresenta uma parcela indigestível. Logo, quanto maior o valor da FDA menor será a digestibilidade da forrageira. Esses valores de FDN estão condizentes com os encontrados no presente estudo (Tabelas 8 e 9). Entretanto, FDA foi mais elevado na estação chuvosa (Tabela 4). Aparentemente, a fertilização com N favoreceu a redução dos teores de FDA (Tabela 9).

Lima (2006) encontrou interação entre a luminosidade e adubação e da espécie avaliada nos teores de FDN e não percebeu uma influência bem definida. Esse autor também citou

trabalhos em que ocorreram variações na FDN de acordo com a luminosidade: com 30% de sombreamento aumentam, mas com 60% diminuem os teores em relação à forragem sem sombreamento. Há estudos que comprovam que os teores de FDA também aumentam em valores intermediários de luminosidade, entretanto não há consenso. Do mesmo modo, há variação da influência da luminosidade sobre os teores de hemiceluloses. Não se observou influência da restrição de luz nos teores de celulose. Paciullo et al. (2007) concluiu que há inconsistência em relação ao efeito do sombreamento na digestibilidade e nos teores de fibra, que podem variar com a espécie forrageira, o grau de sombreamento e a estação do ano.

No presente estudo, os teores de lignina não foram influenciados pelos fatores estudados. De acordo com Paciullo et al. (2001), a lignina tem sido reconhecida como o principal componente químico a limitar a digestibilidade de forrageiras, basicamente por meio do impedimento físico do acesso a constituintes potencialmente digestíveis, como a hemiceluloses e a celulose. Lima (2006) pondera que há controvérsia em relação ao efeito do sombreamento sobre a concentração de lignina nas forrageiras, apesar de a tendência mais comum ser o aumento do teor de lignina nas plantas cultivadas na sombra. Entretanto, há resultados que contradizem o comportamento citado anteriormente.

Plantas sombreadas, em relação às aquelas cultivadas sem restrição luminosa, possuem menor idade fisiológica o que pode resultar em menores teores de lignina. Entretanto, parece haver efeito da estação. Em estudo em sistema silvipastoril, os teores de lignina foram inferiores na forragem sombreada durante a época de chuvas. Em contrapartida, na seca, o sombreamento teve efeito contrário e a forragem a pleno sol apresentou menores teores desse componente, 3,95%, contra 5,45% (Sousa, 2009).

De toda maneira, é importante conhecer a composição da lignina e não somente a concentração (Lima, 2006). Em condições de sombreamento natural, a *B. brizantha* possui a lignina menos entremeada com a HCEL e a CEL. Nessa situação, a lignina possui uma maior proporção de siringaldeído, um monômero que se complexa menos com a HCEL e a CEL que a vanilina (Sousa, 2009). Lima (2006) não encontrou efeito da fertilização nitrogenada nos teores de lignina em *B. decumbens* e em *P. maximum*. Para a primeira espécie, os teores variaram entre 10,40% a 7,25%, e, para a segunda, de 6,39 a 9,20%.

Os teores de PB reduziram com o aumento de sombreamento e de dose de N (Tabelas 8 e 9) o que contradiz vários trabalhos (Ludwig et al., (2004), Lima, (2006), Johnson et al. (2001), Sousa (2009), Gottingen e Zimmermann (1989)) que avaliaram os efeitos do sombreamento e luminosidade de maneira isolada. De toda maneira, não houve interação significativa entre os fatores sombreamento e dose de N, mas somente desses fatores isoladamente com a estação do ano.

Todavia, Reis (2007) não encontrou correlação entre as quantidades de matéria orgânica no solo e teores de N na forragem. Como há estreita correlação entre biomassa das raízes e da parte aérea da planta, se a sombra influenciar negativamente a produção de forragem, possivelmente os teores de MOS serão menores. Lima (2006) relata quanto maior o percentual de sombreamento maior a quantidade de PB, entretanto doses crescentes de fertilizante nitrogenado não apresentaram necessariamente o mesmo efeito sobre PB. Por outro lado, Johnson et al. (2001) citou que os teores de PB (%MS) da gramínea Tifton 85 cortada a 5 cm acima do nível do solo em intervalos de 28 dias, foram de 9,81%, 10,84%, 13,81%, 15,75% e 18,12% para as doses de 0kg, 39kg, 78kg, 118kg e 157kg de N ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>. Logo, há aumento de todas as frações protéicas com o acréscimo progressivo da dose de N. Entretanto, há variação entre forrageiras da quantidade de N no conteúdo celular ou associado à parede celular.

De toda maneira, é necessário conhecer a quantidade de nutriente que estará disponível para o animal. De acordo com Sniffen et al. (1992), o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), conhecido como sistema de Cornell, tem um modelo que prediz as taxas de degradação do alimento no rúmen, passagem de alimento ainda sem ser degradado para o intestino e a quantidade de proteína disponível para o animal. Com esse objetivo, classifica-se a proteína bruta em cinco frações: fração A é nitrogênio não protéico (NNP), prontamente solúvel, frações B1, B2 e B3, que são teores de proteína verdadeira com velocidades de degradação rápida, intermediária e lenta, respectivamente. A quinta fração, denominada C, é considerada indegradável.

No presente estudo, a soma das frações A + B1 + B2, que representam as frações protéicas mais solúveis no rúmen, teve o mesmo efeito da PB em relação à variação de dose de N e

de sombreamento e efeito contrário à PIDN e B3 (Tabela 9). Isso pode ser resultado da maneira como são realizadas as estimativas das frações protéicas. O percentual soma das frações A + B1 + B2 e da fração B3 em relação ao teor de PB, variou, respectivamente entre 59 a 74% e de 13 a 23%. Na Tabela 10, observam-se que os pontos de máximo de PIDN e B3 foram atingidos com 66,67kg de N.

Tabela 10. Média, ponto de máximo ou mínimo e estimativas de equações de regressão para proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), frações A+B1+ B2 e B3 em função do sombreamento ou dose de nitrogênio no ensaio conduzido na Fazenda Águas Formosas (Caeté/MG, 2009)

Variável	Média	Estimativa	Ponto de máximo ou mínimo	r <sup>2</sup> (%)
PIDN	6,11	$4,94+0,04N-0,0003N^2$	66,67	99,98
PIDN	6,13	$5,07+0,05\text{sombra}-0,0004\text{sombra}^2$	75	98,93
A+B1+ B2	9,82	$11,72-0,06N+0,0004N^2$	75	99,85
A+B1+ B2	9,78	$11,87-0,007\text{sombra}+0,0004\text{sombra}^2$	8,75	99,53
B3	3,05	$2,21+0,04N-0,0003N^2$	66,67	97,03
B3	3,07	$2,18+0,04\text{sombra}-0,0002\text{sombra}^2$	100	92,98

De forma geral, Sousa (2009) constatou que o sombreamento aumentou o teor de NIDN em 14% o que pode estar associado ao maior teor de PB. Balsalobre et al. (2003) estima que em torno de 50% da PB é constituída pela PIDN. Quanto maiores os valores da PB e PIDN, menor será a degradação da PB. O PIDN explica 25% da degradação da proteína, ao passo que a lignina teve uma correlação de -32,71%. No presente experimento, estima-se que entre 30 e 40% da PB era constituído por PIDN (Tabela 9).

A simulação de pastejo para os capins Elefante e Mombaça apresentou frações de menor solubilidade (fração B3) e insolúveis (fração C) equivaleram a 10,9 e 10,4% da PB e 19,9 e 7,6% da PB, respectivamente (Ferolla, 2008). O escape de proteína do rúmen de origem alimentar é principalmente oriundo da fração B3, cuja digestibilidade pós-ruminal é da ordem de 80% (Vieira et al., 2000). A proteína de rápida degradação ruminal tem variado entre 12 e 38% da proteína total (Balsalobre et al., 2003). A solubilidade da proteína não é fator limitante nestas forragens. Daí a importância de produzir forragem com alto teor de PB, o que pode ocorrer por meio de alta porcentagem de folhas, alta relação lâmina foliar/caule + bainha em plantas cultivadas em solo com boas condições de fertilidade e umidade (Ferolla, 2008).

A fração C ou PIDA é constituída por proteínas associadas à lignina, complexos tânico-protéicos e produtos de Maillard, que não pode ser degradada no rúmen e tampouco fornece aminoácidos que possam ser absorvidos no intestino. A secagem em estufa pode superestimar a C das amostras das forrageiras. Apesar das controvérsias, essa fração protéica pode ser considerada como indigerível. Assim, cabe ressaltar que o aumento do teor de PB do pasto, em função da adubação nitrogenada, não resulta, necessariamente, em maior aporte de aminoácidos para o intestino delgado e que a síntese de compostos nitrogenados pelos microrganismos pode ser limitada pela disponibilidade de energia (Vieira et al., 2000). No presente estudo, para o tratamento sem fertilizante, os teores de PIDA tenderam a crescer com o incremento do sombreamento (Tabela 11). Para os percentuais de 0 e 65 % de sombreamento, houve aumento dessa variável com o incremento da dose de N. Para 53% de sombreamento, o ponto máximo de sombreamento foi atingido com a dose de 50kg de N.

Tabela 11. Média, ponto de máximo e estimativas de equações de regressão para proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) em função do sombreamento e dose de nitrogênio (Caeté/MG, 2009)

Dose N	Variável	Média	Estimativa*	Ponto de máximo	r <sup>2</sup> (%)
0	PIDA	2,75	2,63 + 0,002sombra	-	82,14
50	PIDA	3,11	-	-	-
70	PIDA	3,06	-	-	-
100	PIDA	3,32	-	-	-

Sombreamento	Variável	Média	Estimativa*	Ponto de máximo	r <sup>2</sup> (%)
0	PIDA	2,89	2,68 + 0,004N	-	80,87
47	PIDA	3,10	-	-	-
53	PIDA	3,17	2,77+0,02N-0,0002N <sup>2</sup>	50	85,23
66	PIDA	3,04	2,74+0,006N	-	90,08

- não houve equação significativa (p>0,05)

Durante a estação chuvosa, Sousa (2009) encontrou menores teores de NIDA na forragem sombreada e atribuiu ao fato de a planta sob menor luminosidade ser mais jovem fisiologicamente e os compostos nitrogenados seriam menos utilizados em compostos estruturais. A forragem colhida nessa época teve menores teores de NIDN e NIDA em relação ao restante do ano o que pode ter sido influenciado pelo efeito diluição devido às quantidades mais elevadas de N. Há uma amplitude de variação para os valores do NIDA

de 3 a 15% do N total. No presente estudo, não houve diferença significativa entre as estações em relação aos teores de PIDN e PIDA. As estimativas de PIDA, hemiceluloses e PB em função da dose de nitrogênio e estação estão representadas na Tabela 12. Não houve modelo de regressão significativo para a estação chuvosa.

Tabela 12 - Média, ponto de máximo ou mínimo e estimativas de equações de regressão para fibra em detergente neutro (FDN), hemiceluloses, proteína bruta (PB) em função da dose de nitrogênio e estação (Caeté/MG, 2009)

Estação	Variável	Média	Estimativa	Ponto de mínimo	r <sup>2</sup> (%)
seca	FDN	73,29	$72,06-0,14N+0,002N^2$	35	94,99
seca	Hemiceluloses	38,55	$36,25-0,08N+0,002N^2$	20	99,38
seca	PB	15,92	$16,78-0,03N+0,0002N^2$	75	98,77
chuva	PIDA	71,01	-	-	-
chuva	Hemiceluloses	34,59	-	-	-
chuva	PB	15,97	-	-	-

Na tabela 13, estão representadas as correlações de Pearson entre as variáveis produtivas da forragem.

Destacam-se as correlações de intensidades moderadas e positivas de altura com PMS, BU e fração B3. Por outro lado, a primeira variável apresentou tendência oposta com PB, CEL e frações protéicas A+B1+B2. BU e PMS apresentaram correlação negativa e moderada com FDN e FDA. IAF apresentou correlação positiva com percentual de MS e PB. No entanto, FDA e PIDA apresentaram relação inversa.

No presente experimento, apenas interceptou-se parcela da radiação fotossinteticamente ativa e não foi possível simular as condições oferecidas pelas árvores. Estudos em sistemas naturais são essenciais, pois revelam o comportamento fisiológico real. Porém, uma das limitações é a impossibilidade de se isolar os vários fatores que poderão interferir no comportamento da planta (Lima, 2006).

Tabela 13 - Correlações de Pearson entre caracteres da forragem (Caeté/MG – 2009)

Variável 1	Variável 2	Correlação	Variável 1	Variável 2	Correlação
Rel L/H+B	FDN	0,5365*	FDA	FDN	0,8599***
Rel L/H+B	Hemiceluloses	0,6386**	FDA	Hemiceluloses	-0,5029***
Rel L/H+B	Proteína bruta	-0,4722*	FDA	Celulose	0,8832***
Rel Vivo/Morto	Ângulo folha	-0,3384***	FDA	PIDN	-0,3528***
Rel Vivo/Morto	FDA	-0,5343*	FDA	Fração B3	-0,3638***
Rel Vivo/Morto	Hemiceluloses	0,5197*	FDA	Proteína bruta	0,4796***
Rel Vivo/Morto	Celulose	-0,4491*	FDA	A+B1+B2	0,4663***
Rel Vivo/Morto	Proteína bruta	-0,6909**	FDA	Lignina	0,3546***
Biomassa útil	Altura	0,6385***	MM	Intercep. Lumi	0,3572***
Biomassa útil	Ângulo folha	-0,2971***	MM	Proteína bruta	0,3952***
Biomassa útil	FDA	-0,3160***	Rel L/H+B	Hemicelulose	0,6386**
Biomassa útil	FDN	-0,3478***	Hemicelulose	Celulose	-0,4686***
Biomassa útil	MM	0,4537***	Celulose	PIDN	-0,4233***
Altura	PMS	0,5804***	Celulose	Fração B3	-0,3579***
Altura	MM	0,3020***	Celulose	A+B1+B2	0,4847***
Altura	Celulose	-0,3186**	PIDN	PIDA	0,4958***
Altura	PIDN	0,3893***	PIDN	Fração B3	0,8904***
Altura	Fração B3	0,3623***	PIDN	A+B1+B2	-0,9263***
Altura	Proteína bruta	-0,3787***	PIDA	FDA	-0,4001***
Altura	A+B1+B2	-0,4528***	PIDA	A+B1+B2	-0,4464***
IAF	IL	0,9087***	A+B1+B2	Fração B3	-0,8441***
IAF	Percentual MS	0,3246***	Proteína bruta	MM	0,3952***
Ângulo folha	PIDN	0,3072*	Proteína bruta	FDA	0,5253***
Ângulo folha	Fração B3	0,3258*	Proteína bruta	Celulose	0,4254***
Ângulo folha	A+B1+B2	-0,4124**	Proteína bruta	PIDN	-0,4204***
Percentual MS	FDN	-0,3870***	Proteína bruta	Fração B3	-0,4765***
Percentual MS	MM	0,3309***	Proteína bruta	Percentual MS	0,4854***
Produção MS	FDA	-0,3288**	Proteína bruta	Ângulo folha	-0,4588***
Produção MS	FDN	-0,3900***	Proteína bruta	IAF	0,3460***
Produção MS	MM	0,3097***	Proteína bruta	IL	0,3570**

\*\*\*, \*\*, \* (teste t: P<0,001; 0,01; 0,05, respectivamente) Fibra em detergente neutro (FDN), Fibra em detergente ácido (FDA), Frações protéicas A+ B1 + B2, B3, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), Interceptação luminosa (IL), relação limbo/(haste+bainha) (Rel L/H+B), relação vivo/morto (rel vivo/morto).

#### 4. Conclusões

Para a adição de cada 1 kg de N por aplicação por hectare e 1% de redução de sombra, houve o acréscimo na PMS de aproximadamente 0,5%. Os fatores sombreamento e dose de

N devem ser considerados para ajustar a frequência de corte da forragem. A primeira aumenta e o segundo reduz o intervalo de pastejo. Houve interação dos fatores sombreamento e fertilização nas frações protéicas.

## 5. Referências bibliográficas

ANDRADE, L.A.Z.; FELFILI, J.M.; VIOLATTI, L. Fitossociologia de uma área de Cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília – DF, *Acta Botânica Brasílica*, v.16, n.2, 225-240, 2002.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O.G. Fatores limitantes ao crescimento do capim – Tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos Cerrados de Minas Gerais, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2001.

ANDRADE, C.M.S. DE; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, p.263-270, 2004.

BALSALOBRE, M. A. A., CORSI, M., SANTOS, P. M., PENATI, M. A., DEMETRIO, C. G. B. Cinética da Degradação Ruminal do Capim Tanzânia Irrigado sob Três Níveis de Resíduo Pós-Pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1747-1762, 2003 (Supl. 1).

BOUWMAN, A.F.; VAN DER HOEK, K.W.; EICKHOUT, B.; SOENARIO, I. Exploring changes in world ruminant production systems. *Agricultural Systems*, v.84, p.121-153, 2005.

BRASSARD, M.; BARCELLOS, A.O. Conversão do Cerrado em pastagens cultivadas e funcionamento de latossolos. *Cadernos de Ciência e tecnologia*, v.22, n.1, p. 153-168, 2005.

CARVALHO, M.M., FREITAS, V.P., ALMEIDA, D.S. et al, Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição mineral da forragem em pastagens de braquiária. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v.23, n.5, 1994.

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; XAVIER, D.F. início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.5, p.717-722, 2002.

CASTRO, C.R.T.: GARCIA, R.; CARVALHO, M.M. et.al. Produção Forrageira de Gramíneas Cultivadas sob Luminosidade Reduzida. *Revista brasileira de zootecnia*, v.28, n.5, p.919-927, 1999.

DACCARETT, M., BLYDENSTEIN, J. La influencia de árboles leguminosos sobre el forage que crece bajo ellos. *Turrialba*, v. 18, n.4, 1968.

DIAS-FILHO, M. B. Photosynthetic light response of the C<sub>4</sub> grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.65-68, 2002.

DOUGLAS, G.B.; WALCROFT, A.S.; HURST, S.E.; POTTER, J.F.; FOOTE, A.G.; FUNG, L.E.; EDWARDS, W.R.N.; VAN DEN DIJSEDE, C. Interactions between widely spaced young poplars (*Populus* spp.) and the understory environment. *Agroforestry Systems*, v.67, p.177-186, 2006.

DURR, P.A.; RANGEL, J. Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland. *Agroforestry Systems*, v.54, p.99-102, 2002.

DURR, P.A.; RANGEL, J. The response of *Panicum maximum* to a simulated subcanopy environment. 2. Soil x shade x water interaction, *Tropical Grasslands*, v.37, p.1-10, 2003.

FAGUNDES, J. L.; DA SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S.; SBRISSIA, A. F.; CARNEVALLI, R. A.; CARVALHO, C. A. B.; PINTO, L. F. M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. *Scientia Agricola*, v.56, n.4, p.1141-1150, 1999. Suplemento

FEROLLA, F. S.; VÁSQUEZ, H.M.; SILVA, J.F.C.; VIANA, A.P.; DOMINGUES, F.N.; LISTA, F.N. Composição bromatológica e fracionamento de carboidratos e proteínas de aveia-preta e triticale sob corte e pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.37, n.2, p.197-204, 2008.

JANSEN, H.G.P.; IBRAHIM, M.A.; NIEUWENHUYSE, A.; MANNETJE, L.; JOENJE, M.; ABARCA, S. The economics of improved pasture and silvopastoral technologies in the Atlantic Zone of Costa Rica. *Tropical Grasslands*, v.31, p.588-598, 1997.

JOHNSON, C. R.; REILING, B. A.; MISLEVY, P.; HALL, M. B. Effects of nitrogen fertilization and harvest date on yield, digestibility, fiber, and protein fractions of tropical grasses *Journal of Animal Science*, v. 79, n. 9, p. 2439-2448, 2001.

KALLENBACH, R.L.; KERLEY, BISHOP-HURLEY, G.J. Cumulative forage production, forage quality and livestock performance from a annual ryegrass and cereal rye mixture in a Pine-Walnut Silvopastoral. *Agroforestry Systems*, v.66, p. 43-53, 2006.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standartization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

LIMA, D. P. Efeito da redução da intensidade luminosa sobre o crescimento, eficiência fotoquímica e qualidade da forragem em *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Panicum maximum* cv. Colônia. 2006. 145f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Ciências Biológicas - Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, MG, Brasil.

LUDWIG, F.; KROON, H.; BERENDSE; PRINS, H.H.T. The influence of savanna trees on nutrient, water and light availability and the understorey vegetation. *Plant Ecology*, v.170, p.93-105, 2004.

NAIR, P.K.R. Directions in tropical agroforestry research: past, present and future. *Agroforestry Systems*, v.38, p. 223-245, 1998.

NEELY, C.; BUNNING, S.; WILKES, A. [Roma, Itália]: FAO, 2009. Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change Implications and opportunities for mitigation and adaptation Disponível em <<http://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i1135e/i1135e00.pdf>>  
Acesso em: 05/01/10.

PACIULLO, D. S. C., GOMIDE, J. A., QUEIROZ, D. S., SILVA, E. A. M. Composição Química e Digestibilidade *In Vitro* de Lâminas Foliaves e Colmos de Gramíneas Forrageiras, em Função do Nível de Inserção no Perfilho, da Idade e da Estação de Crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n.3 (suplemento 1), 2001.

PACIULLO, D.S.C., CARVALHO, C.A.B., AROEIRA, L.J.M., MORENZ, M.J.F., LOPES, F.C.F., ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C., CAMPOS, N. R., GOMIDE, C. A. M., CASTRO, C. R. T., TAVELA, R. C., ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.7, p.917-923, 2008.

PACIULLO, D. S. C., LOPES, F. C. F., MALAQUIAS JUNIOR, J. D., VIANA FILHO, A., RODRIGUEZ, N. M., MORENZ, M. J. F., AROEIRA, L. J. M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvopastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.11, p.1528-1535, 2009.

PAGIOLA, S.; AGOSTINI, P., GOBBI, J. et al. Pago por servicios de conservación de la biodiversidad em paisajes agropecuários. (Paper, n.96). Washington, U.S.A.: Banco Mundial, 2004.

PORTES, T. A.; CARVALHO, S. I. C.; OLIVEIRA, I. P. et al. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. *Pesq. agropec. bras.*, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

REIS, G. L. Influência de um sistema silvopastoril estabelecido no bioma cerrado sobre a ciclagem de nutrientes, atributos do solo, da forrageira e do armazenamento de carbono. 2007. 102f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Escola de Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

SALIBA; E.O.S.; GONTIJO NETO, M.M.; RODRIGUEZ, N.M.; MIRANDA, L.F.; OBEID, J.A.; TEIXEIRA, G.L.; OLIVEIRA, M.A. Predição da composição química do sorgo pela técnica de espectroscopia de reflectância no infravermelho próximo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.55, n.3, 2003.

SANTOS, F.A.P; MARTINEZ, J.C.; GRECO, L.F.; CARARETO, R.; PENATI, M.A. Nutrição das vacas em lactação, no período chuvoso, para a produção intensiva de leite a pasto. In: *Simpósio de nutrição e produção de gado de leite:*

produção de leite em pasto, 3, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária – UFMG, 2007. CD – ROM.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, *suplemento especial*, p.121-138, 2007b.

SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Aspectos agronômicos para a produção intensiva de leite em pasto. In: *Simpósio de nutrição e produção de gado de leite: produção de leite em pasto*, 3, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Escola de Veterinária – UFMG, 2007a. CD – ROM.

SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P. J., FOX, D. G., RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

SOUSA, L. F. Produtividade e valor nutritivo do Braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) em sistemas silvipastoris. 2005. 68f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Escola de Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, MG, Brasil.

SOUSA, L. F. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril e monocultivo. 2009. 166f. Tese (Doutorado em nutrição animal) – Departamento de Zootecnia -Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, MG, Brasil.

TILMAN, D.; CASSMAN, K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agriculture sustainability and intensive production practices. *Nature*, v.418, p.671-677, 2002.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods of the determination of FDN, FDA and CNE. *Journal of Dairy Science*, v.74, p.3583-3597, 1991.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro . 1991.

VIEIRA, R. A. M., PEREIRA, J. C., MALAFAIA, P. A. M., QUEIROZ, A. C., GONÇALVES, A. L. Fracionamento e Cinética de Degradação *In Vitro* dos Compostos Nitrogenados da Extrusa de Bovinos a Pasto. *Revista brasileira de zootecnia*, v.29, n.3, p.880-888, 2000.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Ao realizar a fertilização nitrogenada, há necessidade de repor os demais nutrientes do solo devido ao aumento da exportação dos mesmos em função da maior produção forrageira.

Valores intermediários de sombreamento, entre 20 e 30%, proporcionaram produções satisfatórias de produção forrageira e com teores mais baixos de FDA em relação à forragem produzida em pleno sol. Possivelmente, nesses percentuais não haveria queda na produção animal, devido ao maior conforto térmico da sombra natural e melhor aproveitamento da forrageira. Além disso, há a receita com a venda dos produtos da árvore e ganhos ambientais, pelos quais o produtor já é remunerado em alguns países.

É importante realizar análise das frações protéicas da forragem quando se realiza sombreamento e fertilização nitrogenada, pois a disponibilidade de proteína verdadeira para o animal varia com esses fatores.

Recomenda-se a realização de experimentos como esse para outras forrageiras. Esse procedimento deveria ser adotado antes da disponibilização de sementes de novos cultivares para os produtores rurais. Assim, seria possível uma recomendação mais precisa em termos de fertilização e percentual de sombreamento. Entretanto, para uma avaliação de várias forrageiras ao mesmo tempo, recomenda-se o uso de vasos e não canteiros pelo fato de esses serem bastante trabalhosos. Algumas cultivares do gênero *Panicum* como Mombaça e Tanzânia têm-se mostrado tolerantes ao sombreamento.

No presente experimento, foi estudada o comportamento de uma forrageira submetida a distintos percentuais de sombreamento. Recomenda-se a avaliação de sombreamento proporcionada por distintos arranjos com árvores diversas, que seriam o outro componente do sistema silvipastoril. Pode-se avaliar idade, espaçamento, manejo. Assim, ao obterem-se os dados da tolerância da forrageira ao sombreamento e o proporcionado pela árvore, é possível a elaboração de protocolos para implantação com maior precisão de sistemas silvipastoris.

**Anexo com estatísticas descritivas**

Tabela 1 anexo – Médias para pH H<sub>2</sub>O, em função de profundidade, dose de nitrogênio, percentual de sombreamento, em solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu, nos meses de julho e dezembro de 2009 (Caeté/MG)

Sombra	Prof	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> aplicação <sup>-1</sup> )							
		0		50		70		100	
		Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12
0	0-2cm	5,96	5,77	6,03	5,47	5,20	3,57	5,43	5,10
	2-10cm	5,40	5,87	6,07	5,87	5,43	3,63	5,23	5,30
	10-20cm	5,20	5,73	6,13	6,13	5,40	3,53	5,53	5,50
47	0-2cm	4,10	5,87	5,50	5,23	5,93	5,37	4,90	4,53
	2-10cm	5,93	6,00	5,60	5,60	6,20	5,90	5,80	5,03
	10-20cm	5,77	5,83	5,70	5,63	6,03	5,93	5,67	5,37
53	0-2cm	5,43	4,97	5,63	5,33	4,90	5,03	3,57	4,33
	2-10cm	5,20	5,23	5,67	6,00	6,13	6,13	5,33	4,67
	10-20cm	5,17	5,30	5,60	5,87	6,00	6,20	5,43	4,90
66	0-2cm	5,93	6,30	5,90	5,17	5,50	5,00	4,93	4,67
	2-10cm	6,10	6,30	5,90	5,57	5,50	5,67	4,47	4,93
	10-20cm	6,10	6,57	6,37	5,47	4,00	5,67	5,40	5,20

Tabela 2 anexo – Médias para pH CaCl<sub>2</sub>, em função de profundidade, dose de nitrogênio, percentual de sombreamento, em solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu, nos meses de julho e dezembro de 2009 (Caeté/MG)

Sombra	Prof	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> aplicação <sup>-1</sup> )							
		0		50		70		100	
		Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12
0	0-2cm	6,33	5,13	5,73	4,97	4,70	3,23	4,29	
	2-10cm	5,60	5,03	5,33	5,03	4,80	3,00	4,53	
	10-20cm	4,77	4,83	5,43	5,27	4,67	2,93	4,80	
47	0-2cm	5,40	5,10	5,17	4,90	5,67	5,10	4,67	
	2-10cm	5,20	5,00	5,00	4,93	5,77	5,27	4,97	
	10-20cm	4,87	4,93	5,00	4,97	5,60	5,30	4,97	
53	0-2cm	4,70	4,50	5,20	5,10	4,80	4,77	3,10	
	2-10cm	4,43	4,40	5,00	5,40	5,27	5,40	4,67	
	10-20cm	4,33	4,33	4,97	6,17	5,13	5,43	4,67	
66	0-2cm	5,37	6,00	5,37	4,83	4,93	4,63	4,47	
	2-10cm	5,30	5,90	5,40	4,83	4,90	4,97	4,70	
	10-20cm	5,27	5,83	5,63	4,83	3,53	4,90	4,63	

Tabela 3 anexo – Médias para P, em função de profundidade, dose de nitrogênio, percentual de sombreamento, em solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu, nos meses de julho e dezembro de 2009 (Caeté/MG)

Sombra	Prof	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> aplicação <sup>-1</sup> )							
		0		50		70		100	
		Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12
0	0-2cm	5,23	3,40	6,27	5,83	7,27	4,06	8,53	6,60
	2-10cm	1,87	2,63	3,03	4,67	4,03	3,20	4,00	5,87
	10-20cm	1,87	1,67	1,57	2,40	2,50	1,43	2,03	1,87
47	0-2cm	4,23	6,23	14,70	6,60	8,50	10,27	7,93	6,03
	2-10cm	3,23	7,00	2,33	3,40	2,77	5,50	2,57	3,73
	10-20cm	1,70	4,53	1,60	3,20	1,90	2,50	1,83	2,40
53	0-2cm	4,23	4,73	6,57	5,87	4,37	5,57	3,13	5,00
	2-10cm	1,77	3,33	2,73	2,97	3,93	3,93	4,33	3,57
	10-20cm	1,33	2,40	1,53	2,23	1,77	1,97	2,67	1,93
66	0-2cm	5,57	6,16	5,40	4,20	7,97	5,97	7,43	6,03
	2-10cm	3,30	5,37	6,23	2,27	5,27	4,70	2,67	3,97
	10-20cm	3,40	3,40	2,60	1,77	1,53	1,53	1,43	2,03

Tabela 4 anexo – Médias para S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, em função de profundidade, dose de nitrogênio, percentual de sombreamento, em solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu, nos meses de julho e dezembro de 2009 (Caeté/MG)

Sombra	Prof	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> aplicação <sup>-1</sup> )							
		0		50		70		100	
		Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12
0	0-2cm	7,00	4,33	8,33	6,33	8,67	9,33	8,00	7,33
	2-10cm	4,67	3,00	3,67	4,67	5,33	4,67	4,67	5,33
	10-20cm	3,00	3,00	3,00	4,33	4,33	2,00	4,33	3,00
47	0-2cm	6,00	5,00	18,33	6,67	11,67	6,00	25,33	5,33
	2-10cm	7,67	4,67	5,00	4,33	6,00	3,00	7,67	2,67
	10-20cm	2,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	7,33	2,00
53	0-2cm	5,00	5,00	7,33	5,00	5,67	5,33	5,00	0
	2-10cm	5,67	3,00	3,00	2,33	3,33	3,00	4,67	0
	10-20cm	1,67	1,67	2,67	3,67	3,33	2,00	4,33	0
66	0-2cm	4,67	0	15,33	3,00	4,67	6,33	11,67	4,33
	2-10cm	4,33	0	4,00	3,00	5,33	3,00	7,00	2,67
	10-20cm	2,67	0	2,67	3,33	1,67	2,67	5,67	1,67

Tabela 5 anexo – Médias para potássio (em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), em função de profundidade, dose de nitrogênio, percentual de sombreamento, em solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em julho e dezembro de 2009 (Caeté/MG)

Sombra	Prof	Dose de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ aplicação $^{-1}$ )							
		0		50		70		100	
		Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12
0	0-2cm	0,34	0,26	0,26	0,20	0,22	0,10	0,27	0,15
	2-10cm	0,21	0,20	0,16	0,16	0,18	0,10	0,15	0,15
	10-20cm	0,14	0,13	0,11	0,12	0,11	0,07	0,12	0,08
47	0-2cm	0,31	0,36	0,32	0,23	0,22	0,19	0,21	0,11
	2-10cm	0,19	0,38	0,22	0,21	0,19	0,14	0,21	0,09
	10-20cm	0,13	0,32	0,14	0,16	0,15	0,10	0,13	0,08
53	0-2cm	0,38	0,35	0,26	0,16	0,23	0,16	0,15	0,11
	2-10cm	0,19	0,18	0,17	0,09	0,11	0,12	0,22	0,08
	10-20cm	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,18	0,06
66	0-2cm	0,35	0,27	0,29	0,17	0,21	0,11	0,29	0,16
	2-10cm	0,34	0,21	0,19	0,10	0,25	0,09	0,25	0,14
	10-20cm	0,28	0,14	0,17	0,11	0,08	0,08	0,13	0,10

Tabela 6 anexo – Médias para magnésio (em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), em função de profundidade, dose de nitrogênio, percentual de sombreamento, em solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em julho e dezembro de 2009 (Caeté/MG)

Sombra	Prof	Dose de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ aplicação $^{-1}$ )							
		0		50		70		100	
		Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12
0	0-2cm	1,97	2,23	2,07	2,13	1,30	1,17	1,40	1,37
	2-10cm	0,90	1,53	1,13	1,40	0,87	0,60	0,47	0,93
	10-20cm	0,53	0,97	0,73	1,10	0,57	0,33	0,57	0,50
47	0-2cm	1,80	1,83	1,57	2,17	2,03	2,70	1,83	1,23
	2-10cm	0,97	1,23	0,87	1,17	1,73	1,70	1,33	0,97
	10-20cm	0,77	1,37	0,60	1,23	1,37	1,20	0,80	0,70
53	0-2cm	2,00	1,70	2,40	2,13	1,37	1,57	0,23	0,83
	2-10cm	0,90	0,63	1,27	1,10	0,67	1,23	0,77	0,77
	10-20cm	0,43	0,37	0,77	0,90	0,50	0,80	0,57	0,47
66	0-2cm	1,90	2,40	2,17	1,57	1,53	1,47	1,50	1,07
	2-10cm	1,70	1,73	1,30	0,90	1,10	1,17	0,93	0,83
	10-20cm	1,33	1,17	1,37	0,80	0,63	0,77	0,63	0,60

Tabela anexo 7 – Médias para matéria orgânica (em dag kg<sup>-1</sup>), em função de profundidade, dose de nitrogênio, percentual de sombreamento, em solo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em julho e dezembro de 2009 (Caeté/MG)

Sombra	Prof	Dose de N (kg ha <sup>-1</sup> aplicação <sup>-1</sup> )							
		0		50		70		100	
		Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12	Mês 7	Mês 12
0	0-2cm	4,13	4,73	6,13	5,67	4,33	3,07	5,03	4,13
	2-10cm	3,40	3,97	3,30	3,80	2,93	2,03	2,90	3,47
	10-20cm	2,73	2,93	2,27	3,03	2,23	1,50	2,33	2,13
47	0-2cm	4,70	4,20	5,43	4,43	5,33	5,33	5,00	4,13
	2-10cm	3,40	3,60	3,27	2,90	3,60	3,20	3,57	3,20
	10-20cm	3,20	3,33	2,47	2,97	2,53	2,30	2,53	2,33
53	0-2cm	4,63	4,53	5,03	5,50	3,70	5,27	2,67	4,40
	2-10cm	3,23	3,16	3,07	2,53	2,73	3,33	2,77	3,27
	10-20cm	2,37	2,40	2,40	2,57	2,13	2,43	2,43	2,30
66	0-2cm	4,97	5,40	4,97	4,47	5,53	4,07	4,40	4,13
	2-10cm	4,40	3,93	3,40	3,17	3,50	2,77	2,23	3,20
	10-20cm	3,87	2,73	3,00	3,73	1,83	2,03	2,06	2,33