IRRIGAÇÃO EM BRAQUIÁRIA SOB PASTEJO ROTACIONADO E QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

RITA DE CÁSSIA RIBEIRO CARVALHO

2009

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

RITA DE CÁSSIA RIBEIRO CARVALHO

IRRIGAÇÃO EM BRAQUIÁRIA SOB PASTEJO ROTACIONADO E QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Forragicultura e Pastagem, para obtenção do título de "Doutor"

Orientador

José Cardoso Pinto

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFLA

Carvalho, Rita de Cássia Ribeiro.
Irrigação em braquiária sob pastejo rotacionado e qualidade física do solo / Rita de Cássia Ribeiro Carvalho. – Lavras : UFLA, 2009.
117 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
Orientador: José Cardoso Pinto.
Bibliografia.

1. Ciclos de pastejo. 2. Coesão aparente. 3. Compactação do solo. 4. Composição química da forragem. 5. Consumo de matéria seca. 6. Ganho de peso vivo. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.
CDD – 633.2

RITA DE CÁSSIA RIBEIRO CARVALHO

IRRIGAÇÃO EM BRAQUIÁRIA SOB PASTEJO ROTACIONADO E QUALIDADE FÍSICA DO SOLO

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Zootecnia, área de concentração em Forragicultura e Pastagem, para obtenção do título de "Doutor"

APROVADA em 26 de fevereiro de 2009

Dr. Wellington Willian Rocha – UFVJM

Dr. Joel Augusto Muniz - UFLA

Dr. Antônio Ricardo Evangelista - UFLA

Dr. Ivo Francisco de Andrade - UFLA

Prof. Dr. José Cardoso Pinto
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

Às minhas filhas,

Taciana e Taís

DEDICO.

Ao meu marido, Erik

Aos meus pais, Jair e Marlene

Aos meus irmãos, Evaristo e Lose

Aos meus cunhados e sobrinhos

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter - me dado força, saúde e determinação para vencer mais esta etapa;

À Universidade Federal de Lavras, pela formação profissional;

À Fundação de Ensino Superior de Passos (FESP), pelo incentivo e apoio no desenvolvimento do trabalho;

À FAPEMIG, pela bolsa concedida;

Às Empresas parceiras, CEMIG, Matsuda, Peon Cercas Elétricas, Beckhauser, Gerdau e Monsanto, sem as quais não teria sido possível a realização do experimento;

Ao professor, Doutor José Cardoso Pinto, pela orientação, paciência, ensinamentos técnicos e modelo de profissionalismo;

Ao professor, Doutor Wellington Willian Rocha, pela grande oportunidade de convivência profissional, atenção e desenvolvimento do trabalho;

Aos professores, Doutor Joel Augusto Muniz, Doutor Ivo Francisco de Andrade e Doutor Antônio Ricardo Evangelista, pela atenção, amizade e pelas valiosas sugestões durante todo o trabalho;

Ao Departamento de Ciência do Solo, em especial na pessoa do professor Doutor Moacir de Souza Dias Júnior, por ter disponibilizado o Laboratório de Física do Solo para realização das análises;

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa Animal, Eliana, Márcio, Suelba e José Virgílio, pela ajuda na realização das análises;

Aos funcionários do Laboratório de Solos e Análise Foliar da FESP, Fernado Spadon, Norival, Elaine e Larissa, pela ajuda na realização das análises;

Aos amigos, Bruno S. Pires, Ayeska H. B. Nunes e Carla L. S. Ávila, pelo apoio constante;

Aos alunos e ex-alunos de graduação do Curso de Agronomia da FESP, Emar, Henrique, Zezito, Daniel Lavrado, Patrik, Cid Naudi, Lucas Queiroz e tantos outros que contribuíram para que o experimento acontecesse;

À Miyuki Sueli Sugawara, que foi amiga e companheira na realização das análises laboratoriais;

A todos da minha família, em especial, Christian Rezende, que desde o início me auxiliou nos recursos computacionais;

Ao meu marido e companheiro Erik, por estar sempre presente em minha vida;

Às minhas filhas, Taciana e Taís, por compreenderem os momentos de ausência durante esses anos;

Aos meus pais, pelo auxílio e incentivo em todos os momentos.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	iii
CAPÍTULO 1	1
1 Introdução Geral	2
2 Referencial Teórico	5
3 Referências Bibliográficas	28
CAPÍTULO 2 Valor nutritivo de Brachiaria brizantha cv. MG-5 e o desempenho de bovinos Nelore em pastejo rotacionado, em sistemas irrigado e não irrigado	38
Resumo	39
Abstract	40
1 Introdução	41
2 Material e Métodos	44
3 Resultado e Discussão	51
4 Conclusões	73
5 Referências Bibliográficas	74
CAPÍTULO 3 Resistência ao cisalhamento de um solo sob pastagens com e sem irrigação de Brachiaria brizantha cv. MG-5 em pastejo rotacionado	81
Resumo	82
Abstract	83
1 Introdução	84
2 Material e Métodos	88
3 Resultados e Discussão	94
4 Conclusões	106
5 Referências Bibliográficas	107
ANEXOS	111

RESUMO GERAL

CARVALHO, Rita de Cássia Ribeiro. **Irrigação em braquiária sob pastejo rotacionado e qualidade física do solo**. 2009. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

A estacionalidade de produção das forrageiras é um fenômeno de grande importância porque se relaciona com os índices de produtividade e lucratividade da pecuária. Disso, resulta a busca constante de novas forrageiras e alternativas compatíveis com os diversos sistemas de exploração, bem como a aplicação de outras tecnologias como a adubação e irrigação das pastagens. Outro fato que tem despertado a atenção dos pesquisadores são as modificações estruturais do solo, como a compactação, em pastagens sob pisoteio animal, interferindo na sustentabilidade dos sistemas de exploração. Diante disso, o objetivo da condução desta pesquisa foi avaliar a produtividade de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada, o valor nutritivo da forragem produzida, o desempenho animal e o efeito da irrigação na compactação do solo da pastagem submetida ao pisoteio de bovinos da raça Nelore em pastejo rotacionado. O experimento foi conduzido no período de março de 2006 a março de 2007 na Fazenda Experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais, Campus de Passos – MG, nas coordenadas de 19º S e 43º W, com altitude média de 700 m e temperatura média anual entre 18ºC e 20ºC, com máxima de 38ºC e precipitação pluvial média anual de 1709,4 mm. Amostras da forrageira foram coletadas através de corte e pesagem direta da massa de forragem. Para a amostragem do solo, amostras indeformadas foram utilizadas nos ensaios de resistência ao cisalhamento. Para a análise do valor nutritivo da forrageira e o desempenho animal avaliou-se a produção de MS total, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), consumo de matéria seca (CMS, % do PV), ganho de peso vivo animal, os minerais P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn e os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). A produção de MS total de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada foi superior nos ciclos de pastejo iniciais (outono), igualando-se nos ciclos posteriores (verão), em comparação à não irrigada. Os animais consumiram menores quantidades de forragem no sistema irrigado, porém apresentaram ganhos de peso vivo médios diários semelhantes nos dois sistemas. Os teores de FDN na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada, na maioria dos ciclos de pastejo, foram inferiores aos da não irrigada, mesmo assim são considerados bastante altos se considerar que 65% é um teor limite para forrageiras tropicais. Os teores de FDA na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada foram inferiores aos da não irrigada, resultando em valores superiores de digestibilidade *in vitro* da MS no primeiro sistema. Os teores de PB na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 foram relativamente baixos, entretanto superiores no sistema irrigado em comparação

* Comitê Orientador: Prof. Dr. José Cardoso Pinto – UFLA (Orientador) ; Prof. Dr. Wellington Willian Rocha – UFVJM; Prof. Dr. Joel Augusto Muniz – UFLA(Coorientadores)

ao não irrigado. A irrigação promoveu acréscimos nos teores de Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn em todos os ciclos de pastejo ou na maioria deles. As envoltórias de resistência ao cisalhamento do LVAd na tensão de 0,06 atm, para a pastagem irrigada, apresentaram uma tensão cisalhante superior à da pastagem não irrigada e da mata natural. Na tensão de 0,33 atm não foram encontradas diferenças na resistência ao cisalhamento entre os manejos. A coesão aparente foi responsável pelas possíveis alterações da estrutura do solo. Os valores estimados para o fator de correção situaram-se muito próximos de 1, podendo indicar uma possível compactação do solo em períodos de manejos prolongados.

GENERAL ABSTRACT

CARVALHO, Rita de Cássia Ribeiro. **Braquiaria under irrigation in rotational grazing system and soil physical quality**. 2009. 117p. Thesis (Doctorate in Animal Science) - Federal University of Lavras, Lavras*.

The seasonality of forage production is a phenomenon of great importance because it is related to the indices of yield and profitability of livestock production. From that results the constant search for new forages and alternatives compatible with the several systems of production as well as the application of new technologies as pasture irrigation and fertilization. Another fact which has called the attention of the researchers is the structural modifications of soil, as compaction in pastures under animal trampling, interfering in the sustainability of production systems. Before this, the objective of the conducting of this research was to evaluate the yield of *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigated or non-irrigated, the nutritive value of the forage produced, animal performance and the effect of irrigation on the compaction of the pasture soil submitted to the trampling by cattle of the Nelore breed in rotational grazing. The experiment was conducted in the period of March, 2006 to March, 2007 on the Minas Gerais State University experimental farm, Campus of Passos – MG, at the coordinates of 19º S and 43º W, with average altitude of 700 m above sea level and annual average temperature between 18ºC and 20ºC, with maximum of 38ºC e annual average rainfall of 1709.4 mm. Forage samples were collected through cutting and direct weighing of the forage mass. For soil sampling, undeformed samples were utilized in the shearing resistance assays. For analysis of nutritive value of the forage and animal performance; yield of total dry matter (DM); contents of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF); dry matter intake (DMI, % of LW); animal live weight gain; contents of minerals P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn and Zn and the values of *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) were studied. Total DM yield of irrigated *B. brizantha* cv. MG-5 was superior in the grazing cycles of early grazing (fall), becoming equal in the later cycles (summer) in comparison with that non-irrigated one. The animals consumed smaller amounts of forage in the irrigated system, but they presented similar live weight gains in the two systems. The NDF contents in the DM of irrigated *B. brizantha* cv. MG-5 in most grazing cycles were lower than those of the non-irrigated one, even so are considered quite high if considering that 65% is a content limit to tropical forages. The ADF contents in the DM of irrigated *B. brizantha* cv. MG-5 were lower than those of non-irrigated one, resulting into higher values of IVDMD in the former system. The CP contents in the DM of *B. brizantha* cv. MG-5 were relatively low, however higher than the irrigated

*Guidance Committee: Prof. Dr. José Cardoso Pinto – UFLA(adviser); Prof. Dr. Wellington Willian Rocha – UFVJM; Prof. Dr. Joel Augusto Muniz – UFLA(Co-adviser)

system as compared with the non-irrigated one. Irrigation promoted increases in the contents of Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn and Zn in all the grazing cycles or in most of them. The envelopments of shearing resistance of RYLd at the stress of 0.06 atm for the irrigated pasture presented a shearing stress superior to that of the non-irrigated pasture and of the natural wood. At the stress of 0.33 atm, no differences in shearing resistance among the managements were found. Apparent cohesion was responsible for the possible alterations of soil structure. The values estimated for the correction factor situated very close to 1, their being able to indicate a possible soil compaction in periods of prolonged management.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cenário que vem se consolidando dia a dia no Brasil demonstra claramente um mercado competitivo e que exige maior eficiência nas mais diversas atividades. Nesse panorama, a pecuária de corte brasileira procura um direcionamento que torna necessário o estabelecimento de metas e objetivos bem definidos, atendendo as demandas do mercado e levando em consideração, principalmente, a lucratividade. A competitividade cresce a todo o momento, impondo a necessidade de promover aumentos da eficiência e qualidade do que é produzido, ficando claro que reduzir custos de produção é de extrema importância. Nesse contexto, a atividade pecuária, segundo Euclides Filho (1997), na condição de empreendimento extrativista, fica cada vez mais estrangulada, indo de encontro à intensificação total. Assim, o risco aumenta e qualquer tomada de decisão deve ser muito bem avaliada.

O uso de tecnologias exige o correto entendimento de sua aplicação, assumindo um papel preponderante para a sobrevivência dos sistemas de produção modernos. A intensificação é uma realidade no momento atual, no entanto, deve ser conduzida de forma competitiva. Para tal, é importante ter uma visão abrangente do problema, possibilitando, dentro do possível, que os estudos sejam conduzidos sob condições representativas de situações reais dos sistemas de produção, para que os resultados possam ser incorporados rapidamente, evitando-se prejuízos e descrença na aplicação de novas tecnologias.

A produtividade animal é função da produção de massa de forragem, da eficiência de utilização dessa massa e do desempenho animal. Por sua vez, essas variáveis estão relacionadas às características do meio, como temperatura e radiação. A de forragem das pastagens, portanto, é limitada pela disponibilidade de fatores manejáveis, basicamente nutrientes e água. A remoção de parte dessa limitação pela introdução de insumos, tais como fertilizantes e/ou irrigação, vai

depender de condições ambientais e, obviamente, da relação custo/benefício. O valor nutritivo da forragem, ao longo do ano, em áreas irrigadas pode ser diferente quando comparada com pastagens não irrigadas. Assim, a suplementação de água por meio da irrigação pode alterar a composição bromatológica e a qualidade nutritiva dessas plantas e, consequentemente, o ganho de peso dos animais. Segundo Gomide (1993), o desempenho dos animais está diretamente ligado ao consumo e à qualidade da matéria seca (MS) das pastagens, pois determina a quantidade de nutrientes ingeridos que são necessários para atender as exigências de manutenção e produção dos animais.

Torna-se necessária, porém, a viabilização do uso de tecnologias, como a irrigação das pastagens, para que o sucesso da atividade possa contribuir, de alguma forma, na produção global da propriedade.

Por outro lado, no Brasil existem poucos estudos sobre o impacto dos sistemas de pastejo sobre as propriedades físicas do solo, apesar do interesse sobre o tema ter crescido nos últimos anos (Silva et al., 2003). Segundo Macedo (2001), isso se deve ao fato das próprias características do sistema de exploração agropecuária no Brasil, em que os solos de melhor aptidão agrícola são ocupados pelas lavouras anuais de grãos, enquanto para a exploração pecuária restam os solos marginais, nos quais são empregados poucos recursos. Assim, no geral, não são tomadas precauções no que se refere ao manejo adequado dos mesmos. Esse autor afirma, ainda, que os fatores mais importantes relacionados à degradação das pastagens é o manejo animal inadequado e a falta de reposição de nutrientes ao solo. Assim, a lotação animal excessiva, sem ajustes, para o alcance da capacidade de suporte da pastagem e a ausência de adubação de manutenção tem contribuído para o processo de sua degradação. Associada a esses fatores, a redução na produtividade da pastagem também pode estar relacionada à degradação física do solo ocasionada pelo pisoteio animal. As variáveis estudadas normalmente são a densidade e a porosidade do solo. Essas

variáveis são fortemente dependentes do manejo e, quase sempre, são desconsideradas informações como a área de contato da pata do animal no solo, a pressão exercida por esta, a umidade e a profundidade do solo, dentre outras.

Para se obter dado relacionado com a compactação do solo pelo animal em pastejo lança-se mão do estudo de resistência ao cisalhamento que indica o grau de compactação do solo (Ayers & Perumpial, 1982; Schyonning, 1991), pois solos mais compactados apresentam maior resistência ao cisalhamento (Azevedo, 1999).

A resistência ao cisalhamento é um estudo completo da degradação do solo, principalmente, quando se trata de compactação (Rocha, 2003). Esse estudo relaciona variáveis tais como as forças normais e tangenciais aplicadas pelos agentes compactadores do solo, variáveis essas que podem ser facilmente empregadas na avaliação do efeito do pisoteio animal sobre o solo e na proposição de técnicas conservacionistas que visem a amenizar o efeito compactador do pisoteio excessivo.

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a viabilidade do uso da irrigação no desempenho e qualidade de *Brachiaria brizantha* cv MG-5, a produção animal e, ainda, as alterações físicas de um Latossolo Vermelho Amarelo, sob pastejo rotacionado, bem como recomendar um Fator de Correção (Fc) para a taxa de lotação animal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Irrigação de pastagens no Brasil

No passado, alguns trabalhos que compararam as produções das pastagens irrigadas e não irrigadas, nas estações de outono-inverno, chegaram à conclusão de que era inviável, economicamente, irrigar pastagens nessa época. A baixa intensidade luminosa e as baixas temperaturas do ambiente limitavam a resposta da planta forrageira à irrigação, uma vez que a estacionalidade de produção de forragem não era alterada. Esses resultados levaram os produtores e técnicos a abandonarem o uso da irrigação de pastagens por muito tempo. Revisões como a de Corsi & Martha Júnior (1998), contudo, e resultados de campo têm demonstrado a possibilidade de se conseguir manter em pastagens irrigadas, no período da seca, de 40 a 60% da taxa de lotação animal que é mantida na primavera-verão. Por exemplo, se a taxa de lotação da pastagem for de 5 UA ha^{-1} na primavera-verão, seria possível manter de 2 a 3 UA ha^{-1} no período da seca, índice muito bom se considerar que em pastagens não irrigadas só se consegue manter de 10 a 20% da taxa de lotação obtida no período das chuvas em pastagens manejadas intensivamente, o que significaria reduzir a taxa de lotação de 5 UA ha^{-1} para 0,5 a 1 UA ha^{-1}.

A irrigação com 25 a 30 mm, a cada 15 dias, em capim-castcross (*Cynodon dactylon* x *C. nlemfuensis*) permitiu alcançar as lotações de 5,9 e 3 vacas/ha, nos períodos de verão e inverno, respectivamente, equivalendo a uma relação inverno/verão de 51%. As vacas recebiam 3 kg de concentrado/vaca/dia. Com o fornecimento de 6 kg de concentrado/vaca/dia, as lotações foram de 6,4 e 3,7 vacas/ha nos períodos de verão e inverno, respectivamente, resultando em uma relação inverno/verão de 57% (Vilela & Alvim, 1996).

Corsi & Martha Júnior (1998) relatam que, em uma fazenda em Penápolis, SP, em pastagem de capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia 1) foi possível manter 3,5 UA ha^{-1}, no inverno, lotação que representou 50% da

obtida no verão, considerado um bom índice se comparado com os dados alcançados por Vilela & Alvim (1996).

Para se obter resultados positivos com a irrigação de pastagens tropicais, a temperatura ambiente não pode estar abaixo de 15ºC, sendo esse o fator ambiental que mais limita a resposta das plantas forrageiras à irrigação (McWillian, 1978). A luminosidade só influencia em 10% a produção de forragem. A melhor resposta ocorre no verão, quando a temperatura é alta, possibilitando aumentos de 20 a 30% na produção de forragem. Nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, a produção média no inverno é 50% da do verão. Já nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Bahia e Tocantins é possível manter no inverno até 70% da lotação do verão. Em São Paulo, a lotação chega a cair 60%, portanto possibilitando a manutenção de apenas 40% da taxa de lotação alcançada no verão (Aguiar & Almeida, 1999).

Apesar de todo o potencial dos sistemas com pastagens irrigadas, mais uma vez uma tecnologia aparece como sendo milagrosa, atraindo muitos produtores que, na grande maioria das vezes, não estão preparados para a exploração de um sistema intensivo de produção (Aguiar & Almeida, 1999). Assim, a irrigação deve ser usada somente quando o produtor já chegou ao terceiro nível de intensificação do uso da pastagem (alto nível tecnológico ou intensivo), ou seja, já maneja corretamente todos os fatores relacionados com a condução da pastagem dentro das técnicas recomendadas, como, por exemplo, o emprego da adubação e quando colocar o animal e retirá-lo do piquete com base na disponibilidade de forragem. E, finalmente, a limitação para explorar, ainda mais, o potencial de produção da forrageira é a falta de água. Muitos erros têm sido cometidos a campo, tais como a aplicação da mesma lâmina de água por todo o ciclo da planta, sendo frequente irrigar muito ou pouco, o que causa sérios problemas na produção de forragem; o desconhecimento da evapotranspiração para a reposição de água; os baixos níveis de adubação e desequilíbrio de

nutrientes no solo e os erros em ajustar a taxa de lotação animal (Aguiar & Almeida, 1999).

2.2 Viabilidade da irrigação de pastagens

A água é um dos principais fatores responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento das culturas e a irregularidade do regime pluviométrico constitui-se em forte restrição ao desenvolvimento agrícola. A irrigação tem sido uma das técnicas mais utilizadas na agricultura para se conseguir acréscimos na produtividade (Drumond & Fernandes, 2001).

Sistemas de pastejo sob lotação rotacionada irrigados por pivô central, com forrageiras tropicais, estão sendo utilizados na tentativa de minimizar o efeito do déficit hídrico e, consequentemente, diminuir a oscilação na produtividade provocada por veranicos em época que a temperatura não é fator limitante para o crescimento das forrageiras (Xavier et al., 2001).

Um bom sistema de irrigação deve aplicar água no solo de maneira uniforme, até determinada profundidade, propiciando umidade necessária ao desenvolvimento normal das espécies vegetais e essa é conhecida como umidade na capacidade de campo. O conhecimento da eficiência e da uniformidade de aplicação da água em sistemas de irrigação, também, é de suma importância (Drumond & Fernandes, 2001).

Existem áreas de pastagens irrigadas por pivô central em início de desenvolvimento com taxa de lotação de 10 UA ha^{-1} na primavera-verão e de 6 UA ha^{-1} no outono-inverno que buscam ganhos médios de peso de 800 g UA^{-1} dia^{-1}. Já em pastagens não irrigadas, a taxa de lotação é de 8 UA ha^{-1} na primavera-verão e de 1 a 1,5 UA ha^{-1} no outono-inverno. Tais valores levam em consideração que, em ambos os casos, realizam-se a adubação de acordo com os resultados da análise de solo. A capacidade de produção de forragem na seca sob sistemas irrigados é de 50 a 60% do que é produzido na primavera-verão. Sem

irrigação, é de apenas 10 a 20% do que é produzido no mesmo período (Aguiar, 1998).

Dentre os métodos utilizados, destaca-se a irrigação por aspersão. Essa preferência deve-se a vários fatores, tais como a uniformidade de distribuição, a adaptabilidade a diversas culturas e solos, o controle do volume de água aplicado e a possibilidade de aplicação de fertilizantes e produtos químicos junto à água na irrigação. Vários são os fatores que influenciam a quantidade de água aplicada por um sistema de irrigação por aspersão, destacando-se a pressão de serviço, rotação dos aspersores e condições climáticas (Drumond & Fernandes, 2001). O sistema tem sido bem aceito, principalmente, por pequenos produtores e é denominado sistema de aspersão em malhas, também conhecido como sistema de tubos enterrados. Esse sistema foi inicialmente utilizado para irrigação de pastagem na região do Vale do Rio Doce (Alencar, 1999). Tem como características principais a utilização de tubos de PVC de baixo diâmetro, cujas linhas laterais constituem, ao contrário da aspersão convencional, interligadas em malhas; baixo consumo de energia em torno de 0,6 a 1,1 CV. ha^{-1}; adaptação a qualquer tipo de terreno; possibilidade de divisão da área em várias subáreas; facilidade de operação e manutenção; possibilidade de fertirrigação e baixos custos de instalação e manutenção. Como principais limitações, podem-se destacar a impossibilidade de automação e a abertura de um grande número de valetas para acondicionamento das malhas.

Apenas, é necessária a mudança dos aspersores. Com isso, a mão de obra para operar o sistema é sensivelmente reduzida em comparação com o sistema de aspersão convencional, que necessita de mudança tanto dos aspersores quanto das linhas laterais. Na prática, em projetos de irrigação em malhas tem-se observado que um homem opera um sistema de 75 a 100 hectares. Na maioria dos projetos para manejar gado em piquetes irrigados por aspersão em malhas fechadas, muitas vezes surge um agravante, quando se analisa o solo, pois nesse

sistema os piquetes são menores, o que leva o produtor a não respeitar o número adequado de UA ha^{-1}. Na irrigação, a umidade do solo deve se manter na capacidade de campo, tida como ótima para compactação do solo (Rocha & Dias Júnior, 2001). Esses autores ressaltam, ainda, que se a pressão de pastejo estiver acima do suportável pelo solo, os processos de compactação serão severos, resultando em baixa produtividade da espécie forrageira e menor ganho de peso dos animais. A prática de irrigação de pastagens pode agravar o problema, pois o pisoteio ocorre, frequentemente, sob condições de elevada umidade do solo (Warren et al., 1986).

2.3 Características e manejo de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5

A *B. brizantha* cv. MG-5 Vitória tem sido estudada recentemente e os resultados de pesquisa indicam ser a mesma uma opção para fazendas criadoras de gado. Em 1996 a Empresa Matsuda Sementes e Nutrição Animal iniciou os trabalhos de avaliação e seleção de alguns acessos do Banco de Germoplasma de *Brachiaria* ssp. do CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali – Colômbia, realizando ensaios e seleção desses materiais em diversos locais do Brasil.

Como primeiro resultado dessa seleção, foi obtida e lançada a cv. MG-5 Vitória de *B.brizantha*, que nos acessos do CIAT, recebeu o número 26110.

Esse material foi coletado pelo pesquisador Dr. Keller-Grein, do CIAT, em convênio com a ISABU (Instituição Nacional de Pesquisa de Burundi, África) entre as cidades de Bubanza e Bukinanyama, no estado de Cibitoke, Burundi, nas coordenadas 2^0 53’ S e 26^0 20’ W. Esse local situa-se a 1.510 m, acima do nível do mar, com uma precipitação média anual de 1.710 mm de chuvas. A *B. brizantha* cv. MG-5 Vitória possui uma ampla adaptação edafoclimática e pode ser recomendada para regiões com 4 a 5 meses de seca e também para regiões com precipitações de mais de 3.000 mm anuais.

Uma das características mais importantes da *B. brizantha* cv. MG-5, além de apresentar ciclo mais tardio, é a boa produção de MS. Pode ser utilizada em pastejo direto pelos animais e conservada sob as formas de silagem e feno, sendo indicada para cria, recria e engorda de bovinos, porém, não é bem aceita por eqüinos, ovinos e caprinos (Matsuda, 2005).

Mesmo que se adapte a solos ácidos e arenosos, essa cultivar apresentou as melhores produções de MS em solos de média à alta fertilidade, vegetando muito bem em solos arenosos e exibindo boa adaptação a solos de má drenagem. Durante a estação seca, as plantas apresentam mais folhas verdes que as cultivares Marandu e MG-4, também de *B. brizantha.*

A cv. Xaraés de *B. brizantha*, que corresponde à *B. Brizantha* cv. MG-5 Vitória, tem mostrado excelentes resultados de produtividade, em ensaios de canteiros (Valle et al., 2001), alcançando 21 t ha^{-1} ano^{-1} de MS, com 30% dessa produção ocorrendo no período seco do ano, o que se traduz em uma excelente distribuição da produção de forragem ao longo do ano. Segundo Euclides (2005), apesar de possibilitar um desempenho animal inferior ao obtido com a cv. Marandu, a cv. Xaraés possui vantagens como maiores velocidade de rebrota e produção de forragem, o que garante maior capacidade de suporte e produtividade por área. A produção de sementes puras chega a 120 kg ha^{-1} ano^{-1}; o florescimento é tardio e concentrado (outono - maio/junho) (Valle et al., 2003) e a taxa média diária de acúmulo de forragem encontrada em experimento realizado de setembro de 2005 a fevereiro de 2006 foi de 140 kg ha^{-1} dia^{-1} de MS (Pedreira, 2006).

Para Pedreira e Pedreira (2007), o manejo adequado da cv. Xaraés deve ser feito com intervalos de pastejo menores que 28 dias, a fim de possibilitar maiores valores de fotossíntese do dossel ao longo do ciclo de rebrotação. A menor frequência de desfolhação resulta em competição por luz e reduz os valores de fotossíntese foliar e do dossel. Por outro lado, considerando o sistema

radicular, Martuscello (2005) constatou que a MS do sistema radicular da cv. Xaraés não respondeu à adubação nitrogenada, apresentando uma relação linear positiva entre a MS radicular e o regime de desfolhação, ou seja, à medida que se aumentou o número de folhas expandidas antes do corte, houve incremento da MS radicular. Isso pode significar que plantas colhidas mais frequentemente têm seu sistema radicular comprometido, uma vez que o estresse causado pela desfolha precoce é muito intenso, promovendo mobilização de reservas das raízes para recuperação da área foliar.

Considerando que a essência do manejo do pastejo consiste em encontrar um balanço racional e eficiente entre o crescimento da planta e o consumo e a produção dos animais, para manter estável e sustentável o sistema de produção, Gomide & Gomide (2001) sugerem que a racionalidade no uso de práticas de manejo sustentável seja utilizada para gerar máxima produtividade animal. Não se pode esquecer de respeitar os limites específicos de cada espécie forrageira, bem como a associação estável entre planta e ambiente na pastagem.

Um fato bastante discutido na literatura é o momento ideal do pastejo ou sua frequência. Para Pedreira (2006), o manejo baseado em dias fixos entre pastejos, apesar de propiciar facilidade de execução e de planejamento, restringe a possibilidade de ganhos e a eficiência do sistema, pois, não determina um padrão consistente de resposta fisiológica das plantas. De acordo com o autor, em pastagens de *B. brizantha* cv. Xaraés 95% de interceptação luminosa (IL) foram alcançados com altura média do relvado ao redor de 30 cm.

Costa (2007) relata que, a partir de 95% de IL pelo dossel, começa a ocorrer redução na taxa média de acúmulo de forragem. Também ocorre comprometimento na estrutura do dossel e no valor nutritivo da forragem produzida, por meio do aumento da proporção de colmo e material senescido. Desse modo, prorrogar o período de descanso ou intervalo entre pastejos além desse ponto não seria uma prática interessante.

Também, para Nave (2007), o manejo deve ser conduzido em função da interceptação luminosa associada à altura de pré-pastejo do relvado, como forma confiável de manejar a desfolha intermitente. A autora trabalhou com *B. brizantha* cv. Xaraés pastejada com 95 e 100% de IL e intervalo fixo de 28 dias. Foi observado que o tratamento 95% de IL originou os menores ciclos (22 dias), ou seja, menor intervalo entre pastejos, o que explicou os maiores teores médios de proteína bruta (PB) na MS da forrageira (14,1%); para 100% de IL os ciclos foram de 31,7 dias e a concentração de PB de 12,2%, ao passo que para os ciclos de 28 dias a concentração de PB foi de apenas 11,4%.

Para as gramíneas tropicais, o alongamento de colmos que ocorre na fase vegetativa, na transição desta para a reprodutiva, às vezes de forma precoce e rápida, interfere significativamente na estrutura do dossel (Silva & Sbrissia, 2001). O crescimento e desenvolvimento dos colmos resultam em aumento da produção de MS, porém, com reflexos negativos no aproveitamento e qualidade da forragem produzida, pois reduz a relação folha/colmo (Santos, 2002).

Lascano & Euclides (1996) citam que, em relação aos teores de PB, o gênero *Brachiaria* apresenta valores que variam entre 6 e 14%, sendo que a *B. brizantha* é uma das espécies de melhor qualidade. Já, em relação à digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), as espécies do gênero apresentam valores elevados, variando, em média, de 60 a 70% para forragem de plantas jovens. Moore & Mott (1973), no entanto, relatam que os coeficientes de digestibilidade das forrageiras tropicais situam-se entre 55 e 60%, podendo diminuir se a concentração de PB da forragem for da ordem de 4 a 6%.

Estudando a composição química da cv. MG-5, Nave (2007) encontrou os seguintes valores: 14,1 e 8,9% de PB; 67,5 e 74% de fibra em detergente neutro (FDN); 34,8 e 39,6% de fibra em detergente ácido (FDA) e 3,6 e 4,2% de lignina, nas folhas e colmos, respectivamente; para DIVMS, foram determinados os valores de 66% para folha e 69% para colmo, para o tratamento 95% de IL. A

autora lembra que a digestibilidade de colmo é superior à de folha porque esta fração é pseudocolmo formado por bainhas de folhas, de natureza muito tenra e, portanto, de elevada digestibilidade. A composição química da forragem colhida aos 28 dias apresentou os seguintes valores para folhas, colmos e planta inteira, respectivamente: 12,2; 7,13 e 11,4% de PB; 68,7; 76,4 e 69,4% de FDN; 35,6; 41,9 e 36,1% de FDA; 3,7; 4,4 e 4,3 % de lignina; 65,6; 67,9 e 68,9% de DIVMS.

De forma geral, observa-se que é recomendado, que em pastejo rotacionado os piquetes de *B. brizantha* cv. MG-5 deveriam permanecer em descanso entre 25 e 30 dias seguidos de 1 a 5 dias de ocupação durante o período chuvoso e quente do ano. Na época seca e fria do ano, o tempo de descanso deveria ser bem maior. No pastejo contínuo, a altura mínima de pastejo é de 20 cm, altura em que a quantidade de colmos é maior do que a de folhas. Ainda, a cv. MG-5, por ser de ciclo tardio, requer que o uso de sua pastagem durante o período chuvoso deva ser bastante intensificado, com alta pressão de pastejo (produção de forragem x quantidade de animais). Por apresentar florescimento tardio, a sua adaptação ao período seco é bem maior.

Nas regiões tropicais, os bovinos em pastejo normalmente não recebem suplementação mineral em níveis adequados para atender as suas necessidades de mantença e produção, o que os conduz a dependerem exclusivamente da pastagem para a obtenção de minerais da dieta. Segundo Herrick (1993), os teores de minerais na MS das forrageiras são variáveis por diversos motivos, dentre os quais citam-se a época do ano, níveis dos elementos encontrados no solo, tipo de solo, condições do ambiente edáfico (pH, umidade), o que tende a influenciar a sua disponibilidade para a absorção pela planta.

Outro fator também ressaltado por Herrick (1993) é que as exigências minerais das forrageiras não são as mesmas dos animais, que, por motivo de diferença de funções fisiológicas, estão presentes em quantidades e proporções

diferentes. Os principais minerais deficientes nas forrageiras tropicais, nativas ou cultivadas são fósforo (P), sódio (Na), zinco (Zn), cobre (Cu) e iodo (I). Em algumas áreas, também são deficientes o cobalto (Co) e o selênio (Se). Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) não representam problema, de maneira geral, e deve-se estar atento ao excesso de ferro (Fe) e manganês (Mn) (Sousa & Darsie, 1986). McDowell et al. (1978) avaliaram forrageiras na América Latina e relataram que deficiências de potássio (K), ferro (Fe) e manganês (Mn) são mais raras. Diante dessas observações é possível afirmar que, à medida que a planta amadurece, o seu conteúdo mineral declina em razão de um processo natural de diluição e de uma translocação de nutrientes para o sistema radicular.

Na maioria das vezes, os teores de P, N, K, Na, Cl, Cu, Fe, Se, Zn e Mo decrescem na planta com seu envelhecimento. A concentração de Ca, entretanto, é pouco influenciada pelo avanço em idade da planta (McDowell, 1999).

A deficiência de P é mais comum em animais em pastejo, pois a maior parte das gramíneas tropicais é deficiente nesse mineral porque os solos são sabidamente pobres em P disponível. Agravando mais o problema, as presenças de Al e Fe dos solos tropicais podem tornar o P indisponível para as plantas, pela formação de complexos. Durante os períodos de seca há uma redução na ingestão de energia metabolizável, proteína, caroteno, P e de outros elementos pelos animais. O P não é o principal nutriente limitante, mas, sim, a proteína. Daí, a importância do fornecimento para os animais de nitrogênio não protéico (NNP) (uréia) para a melhoria dos índices de consumo de forragem e a indução de ingestão de gramíneas não muito apetecíveis (Vianna, 1977). É fato que o P é essencial para os processos energéticos das células, tanto do animal como da microflora, para a atividade dos microorganismos do rúmen, especificamente as bactérias celulolíticas como nas reações de utilização de energia, tamponamento do sangue e outros fluídos, na atividade de vários sistemas enzimáticos e o próprio metabolismo de proteínas (McDowell, 1999).

O Mg é o segundo cátion, depois do K, dos fluídos intracelulares (Underwood & Sutlle, 1999). É essencial às plantas, pois, faz parte da clorofila e, aos animais, por estar presente nos ossos e tecidos moles. Apresenta-se com abundância na maioria dos alimentos em relação aos requisitos dos animais, estando amplamente distribuído entre as plantas e animais, e 70% do Mg estão concentrados nos ossos do corpo do animal (McDowell, 1999). O K é essencial para o crescimento de certas espécies de microorganismos. Geralmente, a deficiência de K nas forrageiras é rara, porém, podem ocorrer variações na sua concentração por estar diretamente correlacionado com a disponibilidade do mineral no solo, espécie forrageira e idade da planta (Underwood & Sutlle, 1999).

Quanto ao Cu, na dieta a sua variação situa-se entre 4 e 12 mg kg^{-1} de MS, de acordo com as concentrações de Mo e S. A recomendação para Cu é de 10 mg kg^{-1} de MS, para bovinos de corte, se a dieta não exceder 0,25% de S e 2 mg kg^{-1} de Mo. Altas concentrações de Fe e Zn também podem reduzir a disponibilidade de Cu, aumentando a necessidade do mesmo (National Research Council - NRC, 1996). O NRC (2001) assume uma variação de 12 a 15,7 mg kg^{-1} de MS de Cu por dia, para gado leiteiro, respectivamente, para novilhas e vacas em lactação. Assim, bovinos em pastagens cuja forragem é de baixa qualidade ou reduzida disponibilidade consomem mais minerais, coincidindo também com a época seca do ano e maior quantidade de fibra de menores digestibilidade e concentração de PB na MS.

2.4 Produção animal

No ecossistema de pastagem, os componentes da produção como o solo com todos os seus atributos físicos, químicos e biológicos; a planta forrageira; os macro e microorganismos animais; os fatores externos e o manejo aplicado devem interagir para que haja um processo dinâmico com a maximização ou

mesmo manutenção da eficiência na produtividade da forrageira e dos animais. A não observância desses princípios é, sem dúvida, o principal responsável pelos fracassos na condução de sistemas de produção duradouros e produtivos na atividade pecuária (Nascimento Júnior et al., 1994). A produção de MS das gramíneas forrageiras é variável e dependente de condições internas e externas às mesmas, cujo perfilhamento é regulado pelo genótipo, balanço hormonal, florescimento, luz, temperatura, fotoperíodo, água, nutrição mineral e manejo de cortes ou pastejos (Langer, 1972).

Nas condições tropicais, onde as temperaturas são elevadas,promovem uma rápida lignificação da parede celular com processo metabólico acelerado das células, o que resulta em redução do "pool" de metabólitos do conteúdo celular, além de promover uma conversão rápida dos produtos fotossintéticos em componentes da parede celular (Soest, 1994). Nessas condições, observam-se reduções nas concentrações de lipídeos, proteínas e carboidratos solúveis e, por outro lado, um aumento nos teores de carboidratos estruturais de maneira generalizada, tendo, como consequência, uma redução sensível na digestibilidade. Segundo Cooper & Tainton (1969), as taxas de crescimento e de acúmulo de MS, além de diversos outros processos, irão variar inclusive sob a influência do regime diário de temperatura.

O baixo valor nutritivo das plantas forrageiras, muitas vezes, está associado ao teor reduzido de proteína e de minerais e ao alto conteúdo de fibras que ocorre geralmente em forragens maduras ou que não foram manejadas adequadamente (Bueno, 2003).

No Brasil, existe um desafio em produzir carne de boa qualidade e de baixo custo cada vez maior para superar, cada vez mais, os mercados competitivos. Para tanto, é necessário estar dentro de um processo sustentável e que seja estabelecido um sistema de produção capaz de alcançar o abate dos animais com idade inferior à média nacional. Segundo Minson (1990), a

quantidade de MS ingerida pelo animal constitui-se no principal fator a controlar a produção de ruminantes a pasto. Por outro lado, o que define o consumo voluntário de forragem pode ser definido como a quantidade de MS ingerida diariamente pelos animais, quando a quantidade de alimento oferecida está em excesso. Dessa forma, o consumo de forragem é influenciado por três principais fatores: aqueles que afetam a digestão da forragem, relacionados, principalmente, com a maturidade e a concentração de nutrientes do material ingerido; aqueles que afetam a ingestão de forragem, relacionados, principalmente, com a estrutura física do pasto e aqueles que afetam a demanda por nutrientes e a capacidade digestiva do animal, refletidos, principalmente, pela maturidade e estádio produtivo do animal (Hodgson, 1990). No entanto, muitas vezes se depara com o problema da estacionalidade de produção de forragem, com excesso nas águas e escassez na seca, o que leva, também, a alterações na qualidade da forrageira (Euclides et al., 1997; Barbosa et al., 2007), interferindo na eficiência do ganho de peso animal.

Em se tratando de pastagens da cv. Xaraés, Euclides et al. (2005) observaram maior capacidade de suporte, comparada à da cv. Marandu, no período das águas. A taxa de lotação (TL) foi maior durante o verão que no outono. Observou-se, também, uma interação entre cultivar x estação do ano; durante o verão a TL foi maior para a cv. Xaraés. No outono as duas cultivares, porém, suportaram o mesmo número de animais. Os autores sugerem que esse fato pode ser explicado pela tendência de maior taxa de acúmulo de forragem na pastagem da cv. Xaraés durante o verão, quando comparado à cv. Marandu no mesmo período. As produções médias de MS foram iguais a 120,7 e 96,6 kg ha^{-1} dia^{-1}, respectivamente, para as cv. Xaraés e Marandu. A altura do pasto para as duas gramíneas pode ser empregada como critério de manejo voltado para a produção eficiente e sustentável de carne em sistemas de pastejo.

Com base nas características estruturais do dossel, no consumo de forragem e na produtividade, as cvs. Xaraés e Marandu requerem práticas de manejo diferenciadas. A cv. Marandu deve ser manejada entre 25 e 40 cm de altura e a cv. Xaraés a 40 cm de altura (Flores, 2008), 30 cm de altura (Pedreira et al., 2006) e 25 cm de altura para a cv. Marandu (Sarmento, 2007). Para Euclides (2005), o ponto de equilíbrio associando produção e qualidade na pastagem da cv. Xaraés não foi alcançado na faixa de altura do dossel estudada. Assim, concluiu-se que essa cultivar deveria ser manejada com altura do dossel superior a da cv. Marandu em função do seu maior porte (Silveira, 2006), o que confirma o que foi descrito por Pedreira et al. (2006) e Sarmento (2007).

A literatura mostra que gramíneas tropicais não irrigadas podem proporcionar a produção de 1.000 a 2.000 kg $ha^{-1}ano^{-1}$ de leite; quando adubadas, podem apresentar uma produtividade variando de 5.000 a 10.000 kg $ha^{-1}ano^{-1}$ de leite. Essas mesmas gramíneas tropicais, quando adubadas e irrigadas adequadamente, podem possibilitar produções de leite que variam de 15.000 a 25.000 $ha^{-1}ano^{-1}$ (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2007).

2.5 Efeito dos animais sobre atributos físicos do solo

Pastagens são sistemas complexos nos quais estão interrelacionados vários fatores como o solo e a atmosfera, fornecendo as fontes básicas para a produção primária das plantas as quais, por sua vez, são utilizadas para a produção animal. As propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são muito variáveis e dinâmicas e altamente influenciadas pelo manejo imposto.

Foi estimado por Alakukku et al. (2003) que 68 milhões de hectares de terras agrícolas em todo o mundo estavam perdendo a sua qualidade física em decorrência dos processos de compactação a que estavam sendo expostos. O Brasil, segundo Zimmer et al.(2002), até então possuía uma área total de

pastagens de 180 milhões de ha, que correspondia, naquele momento, a mais de 20% do território nacional.

Em sistemas de pastejo, a intensidade do pisoteio e/ou o tempo de permanência dos animais na área determinam o grau de alteração estrutural que pode ocorrer no solo (Lima, 2004).

A queda de produção primária das pastagens, com o passar dos anos após o seu estabelecimento, está ligada a diversos fatores intimamente relacionados à interação solo-planta-animal. Dentre esses, as propriedades físicas do solo, como a porosidade total que sofre redução contínua e gradual com a compactação causada pelo pisoteio animal, podem exercer um papel importante, que, talvez, possa corresponder à afirmativa de Pedreira (1972) de que, mesmo com a reposição dos nutrientes, o potencial de produção da pastagem cai sensivelmente nos anos subsequentes à sua formação.

Uma das primeiras constatações do efeito do pisoteio sobre as propriedades físicas do solo foram feitas por Keen & Cashen (1932), que registraram decréscimos na penetrabilidade do solo após pisoteio de ovinos em pastagem de gramínea até a profundidade de 3,5 cm.

Para Watkin & Clements (1978), a queda de produtividade das pastagens pode ocorrer de maneira direta e indireta. Como efeito direto do pisoteio, ocorre uma redução progressiva no rendimento de forragem com o aumento da lotação da pastagem. A intensidade desse efeito é influenciada pelo tipo de solo, altura do relvado e, principalmente, pelas espécies presentes e conteúdo de umidade do solo. O efeito indireto do pisoteio ocorre via compactação e cimentação do solo que causam o aumento da resistência mecânica à penetração radicular, reduzindo a aeração e alterando o fluxo de calor, reduzindo também os espaços porosos com consequente redução da disponibilidade de nutrientes para as plantas.

As principais variáveis descritas na literatura utilizadas para caracterizar uma camada compactada do solo correspondem à densidade total, porosidade

total e taxa de infiltração, pressão de preconsolidação, resistência do solo à penetração e resistência do solo ao cisalhamento, sendo estas três últimas as mais recentes e precisas (Rocha, 2007; Dias Júnior, 1994).

Dentre as propriedades físicas sujeitas às alterações pela presença dos animais, as relativas ao espaço poroso merecem especial atenção pois é o local onde ocorrem os principais fenômenos que regulam o crescimento das plantas (Carvalho et al., 1975). A compactação é um dos principais processos de degradação dos solos agrícolas (Horn et al., 2003) e se expressa pelo aumento da densidade do solo e pela redução do seu espaço poroso em resposta a um histórico de cargas ou pressões exercidas na sua superfície (Baver et al., 1972), especialmente em solos parcialmente saturados (Silva et al., 2002).

Para Watkin & Clements (1978), a área efetivamente pisoteada depende do comportamento do animal em resposta ao clima, disponibilidade de forragem, estado fisiológico e demanda nutricional, raça e peso dos animais (Betteridge et al. 1999). Watkin & Clements (1978) estimaram em 0,01 ha a área pisoteada por animal por dia, admitindo que um bovino efetue de 8000-10000 impactos por dia com as patas, tendo cada impacto uma área de 90 cm^2, o que equivale dizer que para um animal de 450 kg de peso vivo a pressão aplicada ao solo é de 490 kPa. No entanto, esse valor supera os citados por Proffit et al. (1993) e Betteridge et al. (1999), podendo variar de 350 a 450 Kpa para animais em pastejo. Nie et al. (2001) informam, ainda, que a pressão exercida pelos animais em movimento pode ser o dobro da exercida quando estão parados, por reduzir a área de contato no solo.

Ainda, assim, essas pressões podem ser superiores àquelas aplicadas por máquinas agrícolas (Mapfumo et al., 1999). Outros fatores que condicionam a redução da qualidade física do solo são características como hábito de crescimento da forrageira, ou seja, se cespitosa pode favorecer a compactação do solo, pois, há a formação de touceiras; se o hábito de crescimento é o

estolonífero/rizomatoso pode amortecer os impactos causados pelos animais ao solo, reduzindo a possibilidade de compactação. Por outro lado, alterações morfológicas em razão de características próprias da forrageira, principalmente relacionados ao manejo, a presença de material morto, a textura da camada superficial do solo e a sua umidade no momento do pastejo podem alterar sensivelmente a qualidade física estrutural do solo (Chanasyk & Naeth, 1995; Imhoff et al., 2000).

Uma das condições que tendem a intensificar a compactação do solo é a relação entre a umidade e textura, pois os solos argilosos cuja argila não seja composta por óxidos de Fe e Al, quando submetidos a alta umidade tornam-se plásticos mais rapidamente e seu limite de plasticidade é menor que o dos solos arenosos ou oxídicos. Com a compressão causada pelo pisoteio dos animais, há um aumento da densidade do solo; se essa compressão ultrapassar os limites tolerados pelo solo, fatalmente acarretará um processo de compactação adicional (Corrêa & Reichardt, 1995; Rocha, 2001).

Reduções na produtividade das pastagens estão associadas com valores elevados de densidade do solo e condições de porosidade de aeração menores que 10%. No que se refere ao desenvolvimento das plantas, os maiores prejuízos parecem estar relacionados às relações hídricas e de aeração do solo, bem como ao aumento da resistência do solo à penetração das raízes (Imhoff, 2002; Leão, 2002). O aumento da compactação modifica as curvas características de água no solo e reduz a condutividade hidráulica do mesmo, diminuindo a disponibilidade de água às plantas (Dexter, 2004). Tanto a deficiência de oxigênio (Hillel, 1982) quanto a elevada resistência à penetração (Rosolem et al., 2002; Beutler & Centurion, 2004) diminuem o crescimento e a efetividade das raízes, afetando negativamente a absorção de nutrientes e água. A deficiência de O_2 também afeta negativamente a biota do solo, ocasionando uma menor ciclagem dos nutrientes presentes nos resíduos vegetais e animais (Sousa et al., 2006). Esses resultados

demonstram a importância de se controlar o fator densidade, especialmente em áreas sob irrigação (Lima et al., 2004).

Uma vantagem exibida por gramíneas do gênero *Brachiaria* é o sistema radicular bastante profundo, podendo, no período seco do ano, proporcionar boa produção de forragem (Agnes, 2004). Segundo Broch et al. (1997), as plantas forrageiras, principalmente as dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, apresentam capacidade de reestruturar o solo através de seu sistema radicular, fornecendo condições favoráveis à infiltração e retenção de água e ao arejamento. A parte aérea das plantas protege o solo contra erosão, possibilitando, também, diminuição das temperaturas diárias mais altas e menores perdas de água por evaporação, o que propicia melhores condições para o desenvolvimento de microorganismos.

2.6 Cisalhamento do solo

A resistência do solo ao cisalhamento é uma importante propriedade dinâmica do solo que tem sido desconsiderada na maioria das pesquisas que investigam a influência do uso do solo e o manejo. Assim, os estados de consistência, grau de adesão entre partículas de solo e a resistência oferecida às forças que tendem a deformar ou romper a massa do solo, ou seja, o comportamento da estrutura dos solos agrícolas é considerado. Isso tem contribuído para a adoção de estratégias quase sempre equivocadas, tendo, como consequência, o depauperamento das propriedades físicas e mecânicas do solo (Silva et al., 2004).

Em mecânica de solos, o processo de compactação é definido como a relação entre tensões ou esforços e deformações no volume de um corpo sólido, tendo importância as características do cisalhamento em situações de cargas excessivas (Bekker, 1961). A resistência ao cisalhamento, variável ainda pouco considerada nas atividades agrícolas e pecuárias brasileiras, é considerada por

Baver et al. (1960) como sendo uma das principais propriedades dinâmicas dos solos, uma vez que correlaciona com a densidade do solo, resistência à penetração, porosidade e grau de intemperismo (Rocha et al., 2002). Esses autores relatam, ainda, que a resistência ao cisalhamento pode ser obtida em diferentes ensaios, porém, consideram mais operacional o cisalhamento direto pela rapidez na obtenção dos resultados. Conhecer a resistência de um solo ao cisalhamento significa aplicar diferentes cargas normais a um "corpo de prova" (amostra indeformada de solo) e verificar o esforço necessário para levar esse solo à ruptura. O ensaio de cisalhamento direto consiste na obtenção da resistência ao cisalhamento do solo com medição da força cisalhante em apenas uma direção.

Uma amostra indeformada de solo é colocada na caixa de cisalhamento para a realização do teste. A primeira etapa da operação consiste em aplicar uma força vertical que é dividida pela área transversal da amostra, fornecendo a tensão normal. Em seguida, aplica-se uma força horizontal crescente em uma das extremidades da caixa, deslocando uma parte em relação à outra. O esforço resistente a deslocamento é a sua resistência ao cisalhamento (Rocha, 2003).

O equipamento (Figuras 1 e 2) possui uma caixa separada em duas partes; a parte superior se mantém fixa enquanto a inferior se desloca horizontalmente com velocidade constante. A amostra indeformada de solo é colocada na caixa de cisalhamento, com uma placa porosa no fundo e outra sobre a amostra. A função dessas placas porosas é a de promover a drenagem da água, uma vez que, neste tipo de ensaio, as tensões neutras não são medidas.

O resultado do ensaio é registrado numérica e graficamente pela variação da tensão de cisalhamento em função da deformação (Terzaghi et al., 1997).

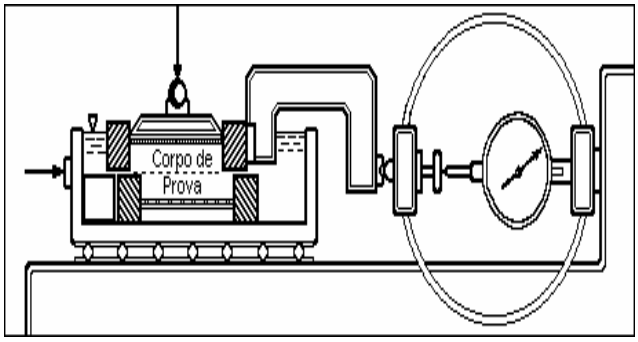


FIGURA 1 Representação esquemática do ensaio de cisalhamento.

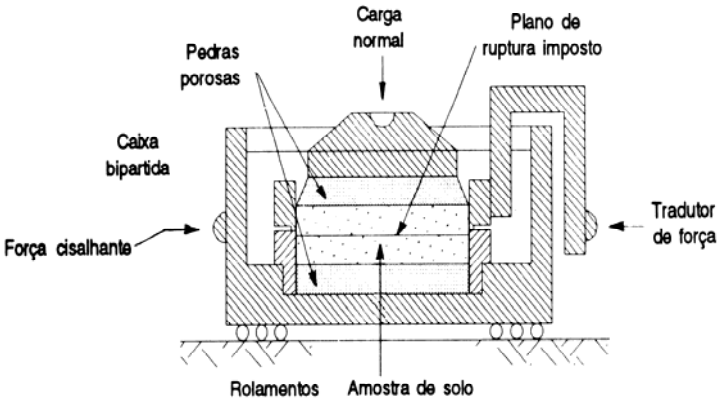


FIGURA 2 Caixa de cisalhamento utilizada em ensaios de cisalhamento direto.

A tensão de cisalhamento da ruptura geralmente é considerada como a maior tensão de cisalhamento resistida pelo corpo de prova. As tensões normal e de cisalhamento à ruptura determinam a envoltória de resistência. Essa envoltória pode ser determinada pelos resultados de uma série de ensaios de cisalhamento direto com diferentes tensões normais.

A resistência ao cisalhamento de um solo é a máxima tensão de cisalhamento que o mesmo pode suportar sem sofrer ruptura, ou a tensão de

cisalhamento do solo no plano em que a ruptura ocorre (Rocha, 2003), podendo ser expressa pela equação de Coulomb, $\tau = c + \sigma n \, tg\phi$ (Ramamurthy, 2001), onde τ é a máxima pressão cisalhante suportada pelo solo; σn é a tensão normal a que a superfície de falhamento está submetida; c é o intercepto de coesão ou coesão aparente do solo; ϕ é o ângulo de atrito interno do solo, definido como sendo o ângulo que a força normal faz com a resultante das forças que o maciço terroso está submetido. Essa equação define a envoltória de resistência (Figura 3), que é a linha limite de resistência dos solos, ou seja, qualquer força cisalhante que esteja acima desta linha promoverá a ruptura do solo (Rocha, 2003).

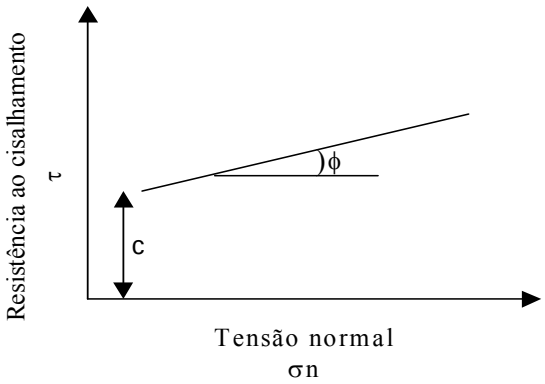


FIGURA 3 Envoltória de resistência.

Os parâmetros c e ϕ são características intrínsecas dos solos (Benjamim & Cruse, 1985; Ramamurthy, 2001; Zang et al., 2001).

No estudo de cisalhamento, a coesão determinada é a coesão aparente ou intercepto de coesão (c). Esse parâmetro é uma parcela da resistência ao cisalhamento dos solos presente apenas em solos parcialmente saturados em consequência da maior ou menor tensão capilar (Pinto, 1989; Vargas, 1989; Azevedo, 1999). Saturando ou secando o solo totalmente, esse parâmetro desaparece; daí o nome coesão aparente.

Dessa forma, as envoltórias de resistência ao cisalhamento são obtidas pela combinação dos pares de dados: tensões cisalhantes obtidas pela prensa e tensões normais estabelecidas antes do início do ensaio.

Acredita-se na eficiência desse estudo para a proposição de práticas que visem a controlar a compactação do solo promovida pelo pastejo excessivo e pelo tráfego intenso de máquinas (Rocha, 2003), pois no ensaio de cisalhamento as duas principais forças atuantes sobre o solo são consideradas, sendo elas as forças normal e tangencial. Da combinação das duas, obtém-se a força resultante que é a força real promotora das deformações do solo. Comparando-se as tensões reais aplicadas sobre o solo em diferentes manejos, consegue-se medir o seu grau de degradação e sua resistência à aplicação dos esforços já mencionados. Essa tensão real é obtida pela divisão da força resultante pela área de contato.

A manutenção de condições físicas adequadas ao crescimento das plantas está relacionada com a preservação da estrutura do solo e pode ser alcançada por meio do conhecimento do comportamento compressivo do solo e monitoramento das operações mecanizadas. As alterações nas relações massa/ volume e na resistência mecânica do solo interagem entre si, alterando o ambiente radicular (Silva et al., 2001).

Todo manejo com animais em pastagens pode implicar em modificações nas propriedades físicas do solo, seja a médio ou a longo prazo (Alderfer & Robinson, 1947; Bertol et al., 1998). A pressão aplicada pelo pisoteio dos animais ocasiona alterações como aumento da densidade e consequente redução da porosidade total na camada superficial, de 3 a 6 cm de profundidade (Bertol et al., 1998), que pode levar ao empobrecimento do solo provocado pela erosão hídrica provável. Bertol et al. (1998) ressaltam, ainda, que há modificações na resistência dos agregados e na taxa de infiltração de água no solo. Isso pode refletir, segundo Taylor (1981), na redução do desenvolvimento do sistema

radicular e, consequentemente, redução na produção de massa verde das plantas da pastagem.

Diversas técnicas são utilizadas no sentido de obter incremento na produção de forragem das pastagens, tais como correção e adubação do solo e adequados sistemas de pastejo e irrigação (Chanasyk & Naeth, 1995). A irrigação pode condicionar o solo a uma compactação, pois os maiores efeitos do pisoteio dos animais são observados principalmente quando o solo encontra-se excessivamente úmido ou que tenha alcançado o estado plástico (Tanner & Mamaril, 1959; Correa & Reichardt, 1995; Betteridge et al., 1999; Silva et al., 2002). Nessa condição, o pisoteio animal causa severa redução da macroporosidade, aumento da densidade do solo e redução da infiltração de água nas camadas mais superficiais do solo (Tanner & Mamaril, 1959; Bertol et al., 1998; Bertol et al., 2003), sendo os efeitos mais acentuados em solos mais argilosos do que arenosos (Tanner & Mamaril, 1959). O solo, quando se encontra próximo da umidade ideal de compactação, apresenta partículas mais soltas e fáceis de serem rearranjadas em uma configuração mais densa, desde que haja um esforço externo (Rocha et al., 2008).

Ainda existem poucos resultados de estudos relacionando o impacto dos sistemas de pastejo sobre as propriedades físicas do solo, apesar do interesse crescente sobre o tema nos últimos anos.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNES, E. L.; FREITAS, F. C. L.; FERREIRA, L. R. Situação atual da integração agricultura pecuária em Minas Gerais e na Zona da Mata Mineira. In: ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. A.; AGNES, E. L. **Manejo integrado:** integração agricultura-pecuária. Viçosa, MG: CPT, 2004. p. 251-267.

AGUIAR, A. P. A**. Manejo de pastagens**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 139 p.

AGUIAR, A. P. A.; ALMEIDA, B. H. P. J. F. **Produção de leite a pasto**: uma abordagem empresarial técnica. Viçosa, MG: APRENDA FÁCIL, 1999a. 170 p.

AGUIAR, A. P. A.; ALMEIDA, B. H. P. J. F. **Irrigação de pastagens**. Viçosa, MG: CPT, 1999b. 50 p.

AGUIAR, A. P. A.; AMARAL, G. C.; DATENA, J. L.; Possibilidade de produção de carne em sistemas intensivos de pastagens tropicais com animais de raças zebuínas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUINAS, 4., 2000. Uberaba. **Anais**.... Uberaba: ABCZ, 2000. p. 350-352.

ALAKUKKU, L.; WEISSKOPH, P.; CHAMEN, W.C.T.; TYINK, F.G.J.; LINDEN, J.P. van der; PIRES, S.; SOMMER, C.; SPOOR, G. Prevention strategies for field traffic induced subsoil compaction, a review. Part I – Machine/soil interaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 73, n. 1/2, p .145-160, Oct. 2003.

ALDERFER, R.B.; ROBINSON, R.R. Runoff from pastures in relation to grazing intensity and soil compaction. **Agronomy Journal**, Madison, v. 39, p. 948-958, 1947.

ALENCAR, C.A.B. Seca atenuada. **DBO Rural**, São Paulo, v. 17, n. 220, p. 44-52, fev. 1999.

AYERS, P. D.; PERUMPRAL, J. V. Moisture and density effect on cone index. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 21, p. 1169-1172, 1982.

AZEVEDO, M. A. A. **Contribuição ao estudo geotécnico de solos de Viçosa-MG.** 1999. 169 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BARBOSA, R. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; SILVA, S. C.; ZIMMER, A. H.; TORRES JUNIOR, R. A. A. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e freqüência de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 329-340, 2007.

BAVER, L. D.; GARDNER,W. H.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. 4. ed. New York: J. Wiley, 1960. 229 p.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W.R. **Soil physics**. 4. ed. New York: J. Wiley, 1972. 498 p.

BEKKER, M. G. Mechanical properties of soil and problems of compaction. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 4, n. 3, p. 231-234, 1961.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. de; ALMEIDA, E. X.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-Elefante-Anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, 2000.

BERTOL, I.; GOMES, K. E.; DENARDIN, R. B. N.; ZAGO, L. A.; MARASCHIN, G. E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 779-786, maio 1998.

BETTERIDGE, K.; MACKAY, A. D.; SHEPHEN, T. G.; BARKER,D. J.; BUDDING, P. J.; DEVANTIER, B. P.; COSTALL, D. A. Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. **Australian Journal of Soil Research,** Collingwood, v. 37, p. 743-760, 1999.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 581-588, 2004.

BROCH, D. L.; PITOL C.; BORGES E. P. **Integração agricultura–pecuária**: plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária. Maracaju: Fundação MS, 1997. 24 p. (Informativo Técnico, 1).

BUENO, A. A. O. **Características estruturais do dossel forrageiro, valor nutritivo e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente**. 2003. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARVALHO, S. R.; COSTA, F. A.; LUCAS, E.; SILVA, A. T.; SOUTO, S. M. Influência da irrigação e da adubação em dois cultivares de capim-elefante, *Pennisetum purpureum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 10, n. 4, p. 23-30, 1975.

COOPER, J. P.; TAINTON, N. M. Light and temperaturerequirements for the growth of tropical and temperategrasses. **Herbage Abstracts**, Wallinford, v. 38, n. 2, p. 167-176, 1968.

CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um latossolo amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecúaria Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 107-114, 1995.

CORSI, M.; MARTHA JUNIOR, G. B. Manejo de pastagens para produção de carne e leite. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais**... Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 55-83.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN ,V.; OLIVEIRA, I. P.; NEVES, B. P.**;** RODRIGUES, C. R.; SAMPAIO, F. M. T. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 31, n. 4, p. 1197-1202, jul./ago. 2007.

DIAS JUNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic.** 1994. 114 p. Thesis (Ph.D. in Crop and Soil Science) - Michigan State University, Lansing.

DEXTER, A. R. Soil physical quality: part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S–theory. **Geoderma,** Amsterdam, v. 120, p. 227–239, 2004

DRUMOND, L. C. D., FERNANDES, A. L.T. **Irrigação por aspersão em malha**. Uberaba: UNIUBE, 2001. 84 p.

EUCLIDES FILHO, K. **A pecuária de corte no Brasil**: novos horizontes, novos desafios. Campo Grande: EMBRAPA/CNPGC, 1997. 28 p. (Documentos, 69)

EUCLIDES, V. P. B.; FLORES, R.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M.P.; VALLE, C. B.; Animal performance and productivity of new ecotypes of Brachiaria brizantha in Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20., 2005, Dublin. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Academic, 2005. p.106.

FLORES, R. S.; EUCLIDES,V. P. B.; ABRÃO,M. P. C.; GALBEIRO, S.; DIFANTE, G. DOS S.; BARBOSA, R. A. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 8, 1355-1365, 2008.

GOMIDE, J. A. Produção de leite em regime de pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 22, n. 4, p. 591-613, 1993.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. Utilização e manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais…** Piracicaba: SBZ, 2001. 1 CD-ROM.

HERRICK, J.B. Minerals in animal health. In: ASHMEAD, H.D. (Ed.). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**, Norwich: Noyes, 1993. p. 3-20.

HILLEL, D. **Introduction to soil physics**. San Diego: Academic, 1982. 264 p.

HODGSON, J. **Grazing Management:** science into pratice. London: Longman, 1990. 203 p.

HORN, R.; WAY, T.; ROSTEK, J. Effect of repeated tractor wheeling on stress/strain properties and consequences on physical properties in structured arable soils. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 73, n. 1-2, p. 101-106, Oct. 2003.

IMHOFF, S. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos**. 2002. 94 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C.A. Spatial heterogeneity of soil properties in areas under elephant-grass short-duration grazing system. **Plant and Soil,** Dordrecht, v. 219, p. 161-168, 2000.

KEEN, B. A.; CASHEN, G. H. Studies in soil cultivation: the physical effect of sheep folding on the soil. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 22, n. 3, p. 126-134, 1932.

KICHEL, A.N.; MIRANDA,C.H.B.; ZIMMER, A.H. Fatores de degradação de pastagem sob pastejo rotacionado em ênfase na fase de implantação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 14, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba:FEALQ, 1997. p. 193-211.

LANGER, R. H. M. **How grasses grow**. London: Edward Arnold, 1972. 60 p. (Studies in Biology, 34).

LASCANO, C.; EUCLIDES, V. P. B. Nutritional quality and animal production of Brachiaria pastures. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. (Ed.). ***Brachiaria*:** biology, agronomy, and improvement. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, Tropical Forages Program and Communications Unit. Campo Grande: Embrapa/CNPGL, 1996. p.106-123. (CIAT, 259).

LEÃO, T. P. **Intervalo hídrico ótimo em diferentes sistemas de pastejo e manejo da pastagem**. 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LIMA, C. L. R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. Piracicaba, 2004. 70 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T. P. Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, p. 945-951, 2004.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM PASTAGENS, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 2001. p. 257-283.

MAPFUMO, E.; CHANASYK, D. S.; NAETH, M. A.; BARON, V. S. Soil compaction under grazing of annual and perennial forages. **Canadian Journal Soil Science**, Ottawa, v. 79, p. 191-199, 1999.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; CUNHA, D. DE N. F. V. da M.; MELO, L. Características morfogênicas e estruturais do Capim-Xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.

McDOWELL, L. R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. 3. ed. Gainesville: University of Florida, 1999. 92 p.

McWILLIAN, J. R. Response of pasture plants to temperature. In: WILSON, J. R. (Ed.). **Plant relations in pastures**. Melbourne: CSIRO, 1978. p.17-34.

MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition**. New York: Academic, 1990. 483 p.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 107-151.

NAVE, R. L. G**. Produtividade, valor nutritivo e características físicas da forragem do capim Xaraés [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf.] em resposta a estratégias de pastejo sob lotação intermitente.** 2007, 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

NIE, Z. N.; WARD, G. N.; MICHAEL, A. T. Impacto f pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil – Wester Victoria. **Australian Journal Agricultural Soil Research**, Collingwood, v. 52, p. 37-43, 2001.

PACIULLO, D. S. C.; MATTOS, J. L. S.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S.; SILVA, E. A. M. Proporção de tecidos e espessura da parede celular em espécies de braquiária, cultivadas sob diferentes níveis de umidade no solo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: SBZ/Gmosis, 1999. 1 CD-ROM.

PEDREIRA, B. C. **Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim Xaraés [Brachiaria brizantha (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado**. 2006. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PEDREIRA, J. V. S. **Crescimento estacional dos capins colonião (*Panicum maximum* Jacq.), gordura (Melinis minutiflora Pal. de Beauv.), Jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf.) e pangola de Taiwan (*Digitaria pentzii* Stent)** 1972. 117 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo **Revista Brasileira de Zootecnia,** Viçosa, MG, v. 36, n. 4, July/Aug. 2007.

PINTO, C. S**. Resistência ao cisalhamento dos solos.** São Carlos: Grêmio Politécnico, 1989. 137 p.

PROFFIT,A. P. B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M. R.; EASTTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red-Brown earth. **Australian Journal of Agricultural and Soil Research,** Collingwood, v. 44, p. 317–331, 1993**.**

RAMAMURTHY, T. Shear strength response of some geological materials in triaxial compression. **International Journal of Rock Mechanics e Mining Sciences**, Oxford, v.38, n.5, p. 683-697, 2001.

ROCHA, W. W. **Resistência ao cisalhamento e estabilidade de taludes de voçorocas em solos da região de Lavras**, **MG.** 2003. 101 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) -Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROCHA, W. W.; BORGES, S. R; VICTÓRIA, E. P; NUNES, A. B. **Resistência ao cisalhamento do solo do ponto de vista ambiental**. Belo Horizonte: Ciência Ambiental, 2007.

ROCHA, W. W; DIAS JÚNIOR, M. S; LIMA, J. M. Resistência ao cisalhamento e grau de intemperismo de cinco solos da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 297-303, abr./jun. 2002.

ROCHA, W. W.; DIAS JÚNIOR, M. S.; LIMA, J. M. Shear strength as affected by soil mineralogy. In: ANNUAL MEETING OF SOCIETY OF AGRONOMY IN UNIVERSITY, 2001, Charlotte. **Proceedings…** Charlotte: [s.n.], 2001.

ROSOLEM, C. A.; FERNANDEZ, E. M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 821-8, 1999.

SANTOS, P. M. **Controle do desenvolvimento das hastes no capim tanzânia: um desafio**. 2002. 112 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

SARMENTO, D. O. L. **Produção, composição morfológica e valor nutritivo da forragem em pastos de *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv Marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte**. 2007. 144p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; TORMENA, C. A.; LIMA, C. R.; TAKAHAMA, R. S. Qualidade física de solos sob sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19., 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 79-97.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos** : métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG: UFV, 1990.165 p.

SILVA, R. B.; DIAS JUNIOR, M. S.; SANTOS, F. L.; FRANZ, C. A. B. Influência do preparo inicial sobre a estrutura do solo quando da adoção do sistema plantio direto, avaliada por meio da pressão de preconsolidação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 961-971, 2003.

SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F. A planta forrageira no sistema de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001.

SILVEIRA, M. C. T. **Caracterização morfogênica de oito cultivares do gênero *Brachiaria* e dois do gênero *Panicum*.** 2006. 91 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOEST, P. J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 446 p.

SOUSA, J. C.; DARSIE, G. Deficiências minerais em bovinos de Roraima: ferro e manganês. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 21, n. 7, p. 763-769, 1986.

SOUSA, R.; CAMARGO, F. A. O.; VAHL, L. C. Solos Alagados. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 185-210.

TANNER, C. B.; MARMARIL, C. P. Pasture soil compaction by animal traffic. **Agronomy Journal**, Madison, n. 51, p. 329-331, 1959.

TAYLOR, H. M. Managing root systems to reduce plant water deficits. In: MEHTA, Y. R. **The soil-root system in relation to Brazilian agriculture**. Londrina: IAPAR, 1981. p. 45-60.

TERZAGHI, K.; PERCL, R. B.; MESRI, G. **Soil mechanics in engineering practice.** 3. ed. New York: J. Wiley, 1996. 549 p.

UNDERWOOD, E. J., SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock.** 3.ed. New York: AB International, 1999. 614 p.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Características de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.133-176.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; BONATO, A. L. V. Lançamentos de cultivares forrageiras: o processo e seus resultados – cvs. Massai, Pojuca, Campo Grande, Xaraés. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA, 4., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. p. 179-225.

VALLE, C. B.; MILES, J. W. Melhoramento de gramíneas do gênero Brachiaria. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 1-24.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo: McGraw-Hill, 1989. 509 p.

VILELA, D.; ALVIM, M. J. Produção de leite em pastagem de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv. Coastcross. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *Cynodon*, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA/CNPGL, 1996. p.77-93.

WARREN, S. D.; NEVILL, M. B.; BLACKBURN, W. H.; GARZA, N. E. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. **Soil Science Society Of American Journal,** Madison, v. 50, p. 1336-1341, 1986.

WATKIN, B. R.; CLEMENTS, R. J. The effects of grazing animals on pasture. In: WILSON, J. R. **Plant relations in pastures**. Melbourne: CSIRO, 1978. p. 273-289.

WERNER, J. C. Adubação de pastagens de *Brachiaria spp.* In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1994. p. 209-266.

WILSON, J. R.; MERTENS, D. R. Cell wall accessibility and cell struture limitations to microbial digestion of forage**. Crop Science,** Madison, v. 35, n. 1, p.251-259, 1995.

XAVIER, A. C.; LOURENÇO,L. F.; COELHO, R. D. Modelo matemático para manejo da irrigação por tensiometria em pastagem *(Panicum maximum* Jacq.) rotacionado sob pivô central. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2002, Piracicaba. **Anais…** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 249-250

ZANG, B.; ZHAO, Q. G.; HORN, R.; BAUMGARTL, T. Shear strength of surface soil as affected by soil bulk density and soil water content. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 59, n.3-4, p. 97-106, 2001.

ZIMMER, A.; SILVA, M. P.; MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; PEDREIRA, C. G. S.; FARIA, V. P. **Inovações tecnológicas no manejo de pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2002. cap. 2, p.31-58.

CAPÍTULO 2

VALOR NUTRITIVO DE *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 E O DESEMPENHO DE BOVINOS NELORE EM PASTEJO ROTACIONADO, EM SISTEMAS IRRIGADO E NÃO IRRIGADO

RESUMO

As forragens das pastagens constituem a base da dieta dos ruminantes na grande maioria dos sistemas de produção das regiões tropicais. Baixos índices de produção de carne e leite, contudo, são frequentemente observados. Atualmente, no Brasil, as gramíneas do gênero *Brachiaria* ocupam mais de 50% da área de pastagens cultivadas. A eficiência de utilização dessas forrageiras pelos animais depende de vários fatores, tais como a quantidade e qualidade da forragem disponível, o potencial animal e a aplicação de tecnologias como a adubação e irrigação. O experimento foi conduzido no período de março de 2006 a março de 2007 na Fazenda Experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais, Campus de Passos – MG, testando a *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 sob pastejo rotacionado por bovinos Nelore, nos sistemas irrigado e não irrigado. Foram avaliadas as seguintes variáveis: produção de matéria seca total (PMST); consumo de matéria seca (CMS); teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e dos minerais P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn; a digestibilidade in vitro de matéria seca (DIVMS) e o ganho de peso vivo animal (GP). A produção de MS total de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada foi superior nos ciclos de pastejo iniciais (outono), igualando-se com a não irrigada nos ciclos posteriores (verão). Os animais consumiram menor quantidade de forragem no sistema irrigado, porém, apresentaram ganhos de peso vivo médios diários de 0,400 e 0,490 kg para os sistemas irrigado e não irrigado, respectivamente. Os teores de FDN na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada, na maioria dos ciclos de pastejo, foram inferiores aos da não irrigada, mesmo assim considerados bastante altos se considerar que 65% é um teor limite para forrageiras tropicais. Os teores de FDA na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada foram inferiores aos da não irrigada, resultando em valores superiores de digestibilidade da MS no primeiro sistema. Os teores de PB na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 foram relativamente baixos, entretanto, superiores no sistema irrigado em comparação ao não irrigado. A irrigação promoveu acréscimos nos teores de Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 em todos os ciclos de pastejo ou na maior parte deles.

ABSTRACT

Pasture forages constitute the basis of the ruminant animals' diet in the majority of the production systems of tropical regions. Poor indices of beef and milk production, however, are frequently observed. At present, in Brazil, the grasses of the genus *Brachiaria* occupy over 50% of the cultivated pastures. The efficiency of utilization of those forages by the animals depend on several factors, such as the amount and quality of the available forage, the animal potential and the application of technologies as fertilization and irrigation. The experiment was conducted in the period of March of 2006 to March of 2007 on the Minas Gerais State University Experimental Farm, Campus of Passos – MG, testing *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 under a rotational grazing method by Nelore cattle in the irrigated and non-irrigated systems. The following variables were evaluated: total dry matter yield (TDMY); dry matter intake (DMI); contents of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and minerals P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn and Zn; *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) and animal live weight gain (LWG). Total dry matter yield of irrigated *B. brizantha* cv. MG-5 was higher than that non-irrigated in the early grazing cycles (fall), becoming equal in the later cycles (summer). The animals consumed less amount of forage in the irrigated system, but they presented daily average live weight gains of 0.400 and 0.490 kg for the irrigated and non-irrigated systems, respectively. The contents of NDF in the DM of *B. brizantha* cv. MG-5 irrigated in most grazing cycles were lower than the non-irrigated ones, just the same considered quite high if considering that 65% is a limit content to tropical forages. The ADF contents in the DM of irrigated *B. brizantha* cv. MG-5 were inferior to those of the non-irrigated, resulting into higher digestibility values of DM in the first system. The CP contents in the DM of *B. brizantha* cv. MG-5 were relatively low, however, higher than the irrigated system as compared with the non-irrigated one. Irrigation promoted increase in the contents of Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn and Zn in the DM of *B. brizantha* cv. MG-5 in all the grazing cycles or in most of them.

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 30% da superfície terrestre são ocupados por pastagens as quais constituem a fonte de alimento mais abundante e de menor custo para a produção de proteína animal para o consumo humano. No Brasil, tem-se observado uma crescente expansão de área de pastagens cultivadas. O gênero *Brachiaria* desponta como o de maior procura pelos produtores, dentre as gramíneas e a espécie/cultivar que vem alcançando resultados satisfatórios é a *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, com rendimentos de 10 a 18 t ha^{-1} ano^{-1} de MS de valor nutritivo considerável (Souza, 2002).

Estima-se que 50% das áreas de pastagens cultivadas na região Centro-Oeste (Macedo, 2005) e 65% na região Norte (Dias Filho & Andrade, 2005) são formados por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

O conceito de valor nutritivo inclui a composição química da forragem e a sua digestibilidade; já a qualidade nutricional ou valor alimentício é representado pela associação da composição bromatológica, da digestibilidade e do consumo voluntário (Mott, 1970). Desse modo, é necessário conhecer os teores de proteína bruta (PB), fibra bruta [fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA)], matéria seca (MS) e matéria mineral (MM), além de outras variáveis, a digestibilidade da matéria seca (DMS) de uma forragem e, consequentemente, o ganho de peso animal.

Para Zimmer & Euclides Filho (1997), o principal fator determinante da baixa produtividade das pastagens brasileiras é a ausência ou utilização inadequada de adubação de manutenção, resultando em queda acentuada da capacidade de suporte e ganho de peso vivo animal nos três ou quatro anos após sua implantação. Dessa forma, a produção e valor nutritivo das forrageiras no período seco do ano perdem o vigor produtivo em detrimento do reprodutivo que conduzirá a um reduzido ganho de peso vivo animal. Por outro lado, o

desempenho dos bovinos também pode ser comprometido em razão da ocorrência de veranicos e, por isso, a utilização da irrigação pode ser uma opção importante para se obter sucesso na pecuária ao longo do ano, conforme enfatizado por Carvalho et al. (2003), alterando a composição bromatológica e o valor nutritivo das forrageiras, com reflexos positivos no ganho de peso vivo animal (Vilela, 1999). O mesmo autor afirma que ao longo do ano o valor nutritivo da forragem em áreas irrigadas é diferente, quando comparado com o das áreas não irrigadas. Vanzela et al. (2006), trabalhando com capim-mombaça na região oeste do Estado de São Paulo, observaram que os teores de PB variaram de 9,7 a 13,8% no cultivo em sequeiro e de 10,1 a 14,9% no cultivo irrigado.

Durante os períodos de veranicos e, principalmente, durante o inverno seco ocorre queda no valor nutritivo da forragem, porque há um aumento da espessura de células do esclerênquima (Paciullo et al., 1999), reduzindo o ataque dos microrganismos do rúmen (Wilson & Mertens, 1995). Assim, o conhecimento de características anatômicas é importante para avaliar se a forrageira é ou não considerada de boa qualidade.

Corrêa (1999) relata que normalmente os estudos de pastagem a campo mostram que o melhor intervalo para pastejo de *B. brizantha* situa-se entre 30 e 35 dias. O autor ressalta que nessa idade a planta apresenta altas taxas de crescimento e a qualidade da massa produzida é satisfatória para a nutrição animal. De outra forma, pesquisas mais recentes mostram que para *B. brizantha* cv. MG-5 a idade de corte inferior a 28 dias é recomendada por Pedreira (2007) e Pedreira &Pedreira (2007), sugerindo, ainda, que o manejo mais adequado das plantas forrageiras deve priorizar a otimização do uso da luz pelo dossel vegetal, resultando em maiores taxas fotossintéticas quando ocorre 95% de interceptação luminosa.

Um aspecto a ser observado é que os estudos de morfogênese, em pastagens, têm sido de grande importância, pois possibilitam acompanhar a dinâmica de aparecimento e morte de folhas e perfilhos, que é decorrente do manejo, ou seja, a variação da produção de folhas, de hastes e de material morto subentende o manejo utilizado (Tamassia et al., 2001). Isso pode explicar diversos resultados encontrados em pesquisas, pois a capacidade de produção de forragem da pastagem está intrinsecamente relacionada às condições de ambiente prevalecentes na área e às práticas de manejo adotadas.

Segundo Santos et al. (2004), em gramíneas tropicais o manejo deve controlar ou mesmo impedir que haja o florescimento das plantas, reduzir ou inibir o alongamento do colmo, bem como, de algum modo, aumentar o valor nutritivo da forragem produzida.

Os objetivos da condução deste trabalho foram avaliar o valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 e o desempenho de bovinos Nelore em pastejo rotacionado em sistemas irrigado e não irrigado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

O trabalho foi conduzido no período de março de 2006 a março de 2007, na Fazenda Experimental da Fundação de Ensino Superior de Passos (FESP), Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Campus de Passos – MG, nas coordenadas geográficas de 19º S e 43º W, apresentando uma altitude média de 700 m. A região apresenta temperatura média anual entre 18 e 20ºC, com máxima de 38ºC e precipitação pluvial média anual de 1.709 mm.

2.2 Instalações da área experimental

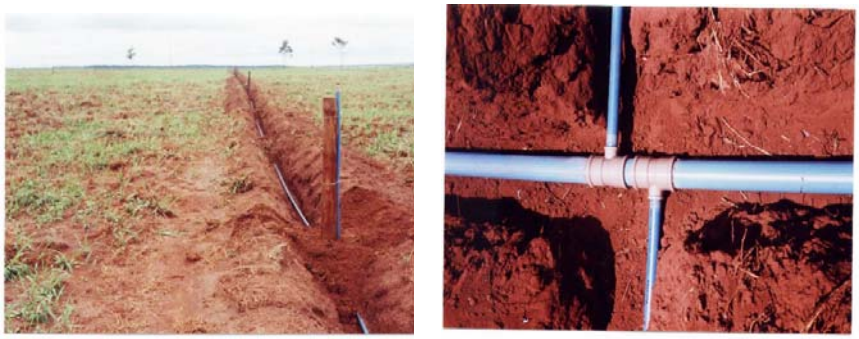
O plantio de *B. brizantha* cv. MG-5 foi efetuado em janeiro de 2005 com um distribuidor de calcário, do tipo centrífugo, utilizando areia misturada às sementes para uma aplicação mais uniforme. A adubação de plantio foi realizada anteriormente à semeadura, aplicando-se apenas Superfosfato simples na dose de 555 kg ha^{-1}. As sementes utilizadas foram doadas pela Empresa Matsuda Sementes e Nutrição Animal. O experimento foi implantado em uma área total líquida de 5 ha, sendo 2,5 ha irrigados e 2,5 ha não irrigados, divididos em 32 piquetes com área unitária igual a 1.560 m^2. A área de descanso para os animais, por cada sistema de irrigação, foi de 1.000 m^2, mais o corredor de manejo (deslocamento) dos animais de cerca de 160 m^2, totalizando uma área de 1.160 m^2. Na área de descanso os animais receberam sal mineral e água à vontade.

A rotação dos piquetes ocorreu a cada dois dias de ocupação e 30 dias de descanso, resultando em um ciclo de pastejo de 32 dias. Foi utilizado o sulfato de amônio, como fonte de N, na adubação de cobertura aplicada na dose equivalente a 100 kg ha^{-1} de N em toda a área, em maio/2006, após a saída dos animais de cada piquete, do ciclo 2.

As divisões dos piquetes foram efetuadas com cercas elétricas, com eletrificador ligado a um painel solar doado pela Peon Cercas Elétricas. O terreno apresenta declividade média de 5,6%, cujo solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média A moderado (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2006).

A irrigação foi realizada por aspersão em malha fechada, sendo o conjunto de irrigação doado pela Companhia Energética do Estado de Minas Gerais - CEMIG. O manejo da irrigação foi realizado, mediante a utilização de um tanque classe A, próximo ao experimento, empregando-se um turno de rega de sete dias. As lâminas de irrigação foram calculadas como 100% da evapotranspiração do período de referência.

Abaixo é apresentado, em fotos (Figura 1), um detalhamento da pastagem irrigada por aspersão em malha fechada, sendo as linhas laterais de derivação e principal enterradas no solo.



a) b)

c) d

FIGURA 1 Fotos (a) e (b) sistema de irrigação em malhas – CEMIG, (c) e (d) campo experimental – Fundação de Ensino Superior de Passos - MG (FESP/Passos).

A pastagem não irrigada foi submetida ao mesmo manejo dos animais em pastejo rotacionado, porém, sem receber irrigação. Em seguida é apresentado um croqui da área experimental (Figura 2).

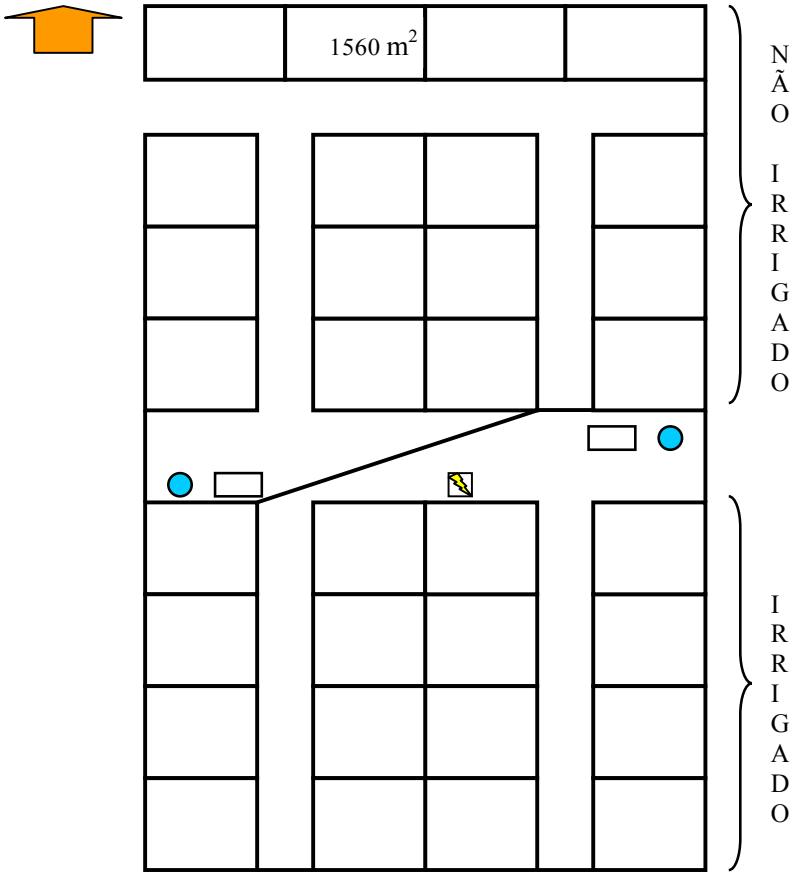


FIGURA 2 Croqui da área experimental de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada sob pastejo rotacionado.

2.3 Variáveis estudadas

Para as avaliações quantitativa e qualitativa da forragem produzida, amostras de cada piquete foram colhidas antes e após a entrada dos animais em cada piquete, em cada ciclo de pastejo, com o auxílio de um quadrado de 0,5 m^2 de lado, atirado aleatoriamente, cuja forragem foi colhida a 10 cm de altura do solo. A forragem verde foi colocada em sacos plásticos e pesada no próprio local

(produção de massa verde - PMV). Em seguida, foram retiradas amostras de forragem destinadas à pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65ºC, por 72 horas, para determinação dos teores de MS conforme descrito pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990) e estimadas as produções de MS ha^{-1}.

Foram determinadas as variáveis rendimento de MS ha^{-1} e o consumo de MS pelos animais, através do cálculo da diferença das disponibilidades de MS na entrada e saída dos piquetes (kg ha^{-1}), dividido por dois dias de ocupação e o resultado dividido pelo peso dos animais, expresso em % do PV. Também foram determinados os teores de proteína bruta (PB), conforme metodologia descrita pela AOAC (1990); os de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo o método de Soest (AOAC, 1990); os minerais P, por colorimetria, K, por fotometria de chama, S, por turbidimetria, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica. Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), foi utilizada a técnica descrita por Tilley & Terry (1963). Para a análise de DIVMS foram utilizados apenas dados de dois ciclos de pastejo de cada manejo (irrigado e não irrigado), sendo dois ciclos do outono (3º e 4º ciclos), em sistemas irrigado e não irrigado, e dois do verão (7º e 8º ciclos) também nos dois sistemas de irrigação. Para os 16 piquetes foram escolhidas, aleatoriamente, 10 amostras representativas da gramínea, de cada manejo (irrigado e não irrigado), nos dois ciclos do outono e do verão, perfazendo um total de 40 amostras analisadas.

Os dados climáticos coletados durante o período experimental estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 Dados climáticos do local da área experimental registrados durante parte do período experimental, de outubro de 2006 a março de 2007, em Passos – MG

Meses	Tmín. (ºC)	Tméd. (ºC)	Tmáx. (ºC)	Precip. (mm)	Radiação ($Kj.m^{-2}$)
*					
Out/2006	19,13	24,60	30,06	129,86	91291,32
Nov/2006	19,3	25,00	30,67	172,0	94817,55
Dez/2006	20,26	25,51	30,77	426,20	97409,29
Jan/2007	20,87	25,31	29,74	522,40	88249,91
Fev/2007	23,57	27,73	31,89	116,8	88226,59
Mar/2007	19,80	26,88	33,97	84,60	100751,59

* março/ 2006 a setembro/2006: Problemas na estação meteorológica;
27/07/2006 a 23/10/2006: interrupção do experimento;
out/2006 a março/2007: Nova Estação Meteorológica de Passos - MG.

Foi necessária a interrupção do experimento em razão da forte seca do ano de 2006. Tentou-se retirar alguns novilhos para reduzir a taxa de lotação, porém, os animais da raça Nelore não aceitaram bem tal manejo. Esses costumam andar em grupos (bovinos são gregários) e, ao perceber os outros animais em outra área, não se aquietaram dentro dos piquetes. Desse modo, a coleta das amostras foi sensivelmente dificultada, interferindo negativamente na coleta dos dados tanto da amostra forrageira quanto na do ganho de peso vivo dos animais na época da seca. Optou-se, então, por aguardar o momento em que a pastagem apresentasse uma disponibilidade de forragem adequada para todos os animais e, dessa forma, dar continuidade ao experimento.

2.4 Análises estatísticas

Os tratamentos foram atribuídos às parcelas, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, numa estrutura de faixas em razão do uso da irrigação. O fator da parcela foi a irrigação e o das subparcelas, os ciclos de pastejo. O modelo estatístico para PMST, CMS, FDN, FDA, PB e GPVMD nos 8 ciclos de pastejo está representado a seguir:

$Y_{ijk} = M + m_i + e_{ij} + c_k + mc_{ik} + e_{ijk}$, sendo:

- Y_{ijk}, a observação referente ao manejo i, na repetição j e no ciclo de pastejo k;
- M, a média geral;
- m_i, o efeito do manejo i, sendo i = 1 (com irrigação) e i = 2 (sem irrigação);
- e_{ij}, o erro experimental associado às parcelas, aleatório, independente, com distribuição normal de média zero e variância σ^2, com j = 1, 2, 3, ..., 16;
- c_k, o efeito do ciclo de pastejo, com k = 1, 2, 3... , 8;
- mc_{ik}, o efeito da interação do manejo i com o ciclo de pastejo k;
- e_{ijk}, o erro experimental associado às subparcelas, independente, com distribuição normal de média zero e variância σ^2.

O modelo estatístico para os minerais P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn nos 4 ciclos de pastejo está representado a seguir:

$Y_{ijk} = M + m_i + e_{ij} + c_k + mc_{ik} + e_{ijk}$, sendo

- Y_{ijk}, a observação referente ao manejo i, na repetição j e no ciclo de pastejo k;
- M, a média geral;
- m_i, o efeito do manejo i, sendo i = 1 (com irrigação) e i = 2 (sem irrigação);
- e_{ij}, o erro experimental associado às parcelas, aleatório, independente, com distribuição normal de média zero e variância σ^2, com j = 1, 2, 3, .., 16;
- c_k, o efeito do ciclo de pastejo, com k = 1, 2, 3, 4;
- mc_{ik}, o efeito da interação do manejo i com o ciclo de pastejo k;
- e_{ijk}, o erro experimental associado às subparcelas, independente, com distribuição normal de média zero e variância σ^2.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para produção de matéria seca total (PMST), a análise de variância revelou significância (P<0,01) da interação manejos e ciclos de pastejo. Observa-se, na Tabela 2, que nos ciclos 1 a 4 o tratamento não irrigado proporcionou valores superiores (P<0,01) de PMST em comparação ao irrigado, que variaram de 5.413,82 a 8.065,02 kg ha^{-1}, com média de 6.955,82 kg ha^{-1}, proporcionando um consumo médio diário dos animais de 4,1% (Tabela 3). Por sua vez, o tratamento irrigado apresentou uma produção que variou de 4.515,08 a 5.513,69 kg ha^{-1}de MS, com média geral de 4.805,24 kg ha^{-1}e consumo médio diário dos animais de 3,25% (Tabela 3).

TABELA 2 Produção de matéria seca total (PMST) de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada sob pastejo rotacionado

	Irrigado	Não Irrigado
Ciclos de pastejo	PMST (kg/ha)	PMST (kg/ha)
1	4.531,32 bA	8.065,02aA
2	4.660,87 bA	6.304,12aB
3	5.513,69 bA	8.040,31aA
4	4.515,08 bB	5.413,82aC
5	3.237,18 aB	3.025,60aD
6	3.622,95 aB	3.919,79aD
7	3.815,06 aB	3.337,79aD
8	3.890,08 aB	3.802,75aD
Média geral	4.223,28	5.238,65

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si (P>0,01) pelo teste t. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si (P>0,01) pelo teste de Scott-Knott.

De forma geral, os valores de PMST do presente trabalho foram inferiores aos obtidos por Souza (2002), 18 t ha^{-1} ano^{-1} e Valle et al. (2003), 21 t ha^{-1} ano^{-1}, para a cv. Xaraés. É importante ressaltar que em gramíneas de hábito

de crescimento cespitoso, como essa cultivar, o alongamento do colmo incrementa a produção forrageira, porém, interfere na estrutura do pasto, comprometendo a eficiência de pastejo em decorrência do decréscimo na relação folha/colmo, que, segundo Euclides et al. (2000), guarda relação direta com o desempenho dos animais em pastejo.

TABELA 3 Consumo de matéria seca (CMS) e ganho de peso vivo médio diário (GPVMD) dos animais em piquetes de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada, sob pastejo rotacionado, nos 8 ciclos de pastejo

	Irrigado		Não Irrigado	
Ciclos de pastejo	CMS (% do PV)	GPVMD (kg/an/dia)	CMS (% do PV)	GPVMD (kg/an/dia)
1	4,23bA	0,241 aB	6,34aA	0,333 aC
2	3,70bA	0,362 aB	5,79aA	0,366 aC
3	5,00bA	0,330 aB	7,22aA	0,234 aC
4	3,62aA	0,179 aB	5,19aA	0,094 aC
5	2,05aB	0,993 aA	2,21aB	0,596 bB
6	2,44aB	0,134 bB	2,50aB	1,000 aA
7	2,32aB	0,542 aB	1,49aB	0,382 aC
8	2,23aB	0,415 aB	1,96aB	0,692 aB
Médias	3,25b	0,377 a	4,10a	0,341a

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas, para a mesma variável, não diferem entre si (P>0,01) pelo teste t e mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si (P>0,01) pelo teste de Scott-Knott.

Ainda pela Tabela 2, entretanto, constata-se que, a partir do ciclo 5 até o 8, não houve diferença (P>0,05) para PMST entre os manejos irrigado e não irrigado. Uma possível explicação foi a realização de uma queimada controlada efetuada na faixa destinada ao tratamento não irrigado no momento do preparo do solo para o estabelecimento da pastagem e/ou também por ter sido aquela área utilizada para plantio de milho (*Zea mays* L.) três anos antes da formação da pastagem. Com isso, possivelmente, ocorreu um retorno de certa quantidade de

minerais ao solo através das cinzas, melhorando a sua fertilidade, ou a presença de nutrientes residuais de adubações passadas. A igualdade dos valores de PMST a partir do ciclo 5 coincide com o período chuvoso (verão), sugerindo que o fator irrigação nessa época não influenciou a PMST e que, provavelmente, a fertilidade do solo tenha se equilibrado nos dois manejos de irrigação. As reservas de nutrientes no solo, ao longo do tempo, diminuem, proporcionando uma redução na sua disponibilidade para as plantas, com consequente redução da produção de forragem. Provavelmente, a partir do ciclo 8, com a reposição de nutrientes ao solo através de adubações, seja no verão ou no inverno, resultados diferentes poderão ser obtidos nas condições dos tratamentos em estudo. Euclides (2002), em pesquisa comparando a cv. Xaraés com a cv. Marandu, encontrou uma superioridade da primeira em relação à segunda, com valores médios respectivos de 28,2 e 9,8 kg ha^{-1} dia^{-1} de MS, nas águas, e 17,9 e 6,7 kg ha^{-1} dia^{-1} de MS, na seca. Bueno (2006), trabalhando também com a cv. MG-5 Vitória, na presença e ausência de irrigação, submetida às doses de N de 100, 200 e 300 kg ha^{-1} na estação seca, encontrou valores de produção de MS aos 39 dias de idade semelhantes e iguais a 12,84; 13,09 e 13,0 t ha^{-1}, respectivamente. Ainda, no mesmo trabalho, nas épocas seca e chuvosa, com e sem irrigação, o autor obteve as respectivas produções de MS de 13,96 e 12,01 t ha^{-1} e 17,46 e 16,38 t ha^{-1}.

Pela análise de variância para o consumo de matéria seca (CMS) pelos animais (Tabela 1A), o comportamento foi diferente ($P<0,01$) entre os manejos e ciclos de pastejo, correspondendo a 3,25% do PV para o sistema irrigado e 4,1% do PV para o não irrigado durante os oito ciclos de pastejo (Tabela 3).

Não houve interação entre ciclos de pastejo e o tratamento com e sem irrigação. Os valores de CMS são apresentados na Tabela 3 para melhor visualizar e comparar com os de ganho de peso vivo dos animais.

Os CMS relativamente altos pelos animais não se traduziram em elevados ganhos de peso vivo, possivelmente decorrente da pior qualidade nutricional da forragem produzida (Tabela 3).

A queda no CMS de *B. brizantha* cv. MG-5 pelos novilhos, do ciclo 5 até ao 8, nos sistemas irrigado e não irrigado pode ter sido decorrente de prováveis maiores resíduos pós-pastejos e quantidades de material morto e colmos mais lignificados na pastagem. Nestes 8 ciclos a forragem visivelmente apresentava uma maior relação colmo: folha, reduzindo, dessa forma, o consumo. Esse fato é corroborado por dados de Mari et al. (2004) que verificaram maiores teores de FDN com o aumento da idade de corte. Um alto teor de FDN (Figura 3) pode ser a causa da limitação no consumo de forragem pelo animal.

Os valores de FDN deste trabalho estiveram sempre muito acima do valor crítico de 55% e uma alta pressão de pastejo reduz a seletividade dos bovinos, o que resulta em baixo ganho de peso animal. É necessária muita cautela ao considerar os resultados de consumo como valores absolutos, em virtude dos possíveis equívocos na estimativa do consumo a pasto. No entanto, o ganho de peso observado para os animais foi inferior aos resultados encontrados por pesquisas semelhantes, o que pode ser justificado pelos valores de FDN da forragem dos diferentes ciclos de pastejo apresentados na Figura 3.

Segundo Gomide (1999), o manejo da pastagem deve ser conduzido de modo a manter constante a disponibilidade de forragem para os animais em torno de 2.000 kg ha^{-1} de MS durante os períodos de pastejo; de outra forma, a oferta de forragem deverá situar-se entre 8 e 10% do PV animal. Observa-se que os valores da PMST da *B. brizantha* cv. MG-5 (Tabela 3) apresentaram-se superiores aos 2.000 kg/ha, variando de 3.237,18 a 5.513,69 kg ha^{-1}, no sistema irrigado, e 3.025,60 a 8.065,02 kg ha^{-1}, no sistema não irrigado (Tabela 2).

Todavia, essa disponibilidade superior de MS não se traduziu em melhor qualidade da forragem, refletida pelos valores de GPVMD dos animais.

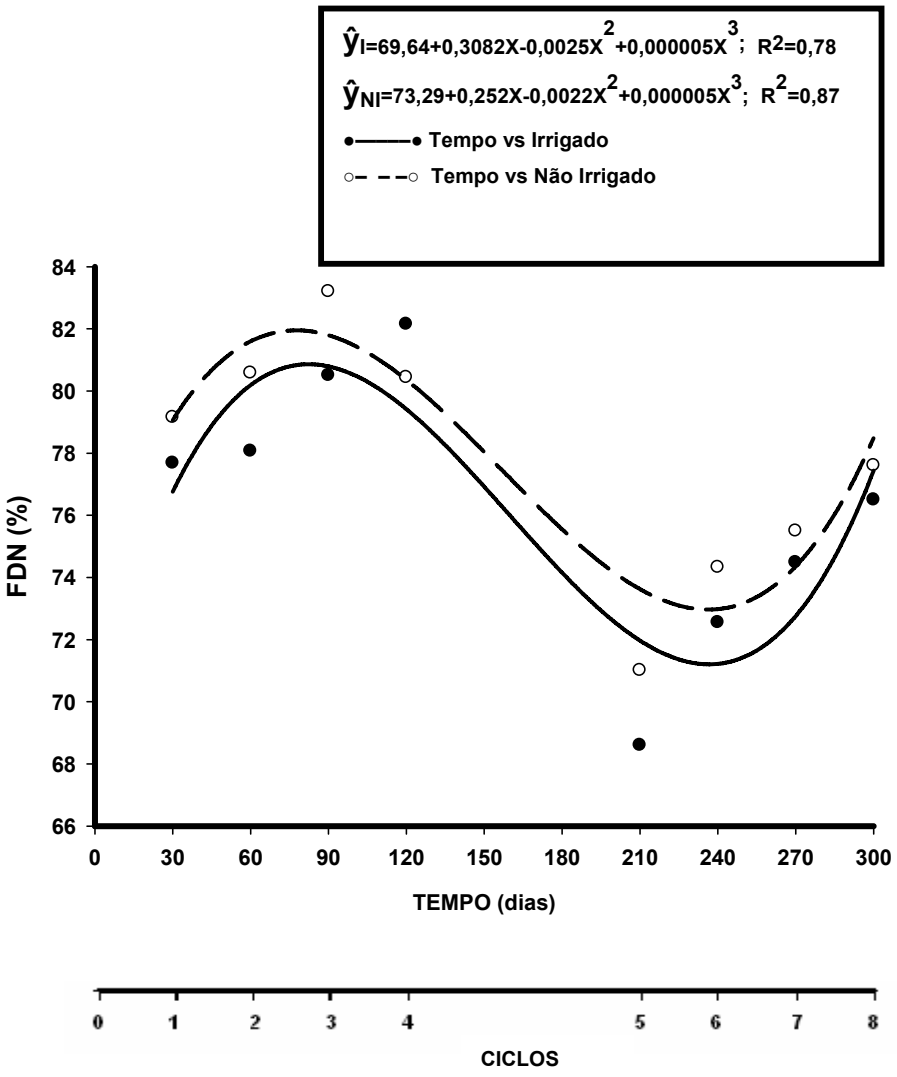


FIGURA 3 Teores de FDN na MS de *Brachiaria brizantha* cv MG-5 irrigada (I) e não irrigada (NI), sob pastejo rotacionado, em função dos ciclos de pastejo avaliada no período de março de 2006 a março de 2007.

Embora não tenha sido estudada a idade de corte da forrageira, observou-se claramente o seu amadurecimento avançado por ocasião do pastejo e, dessa forma, os resultados de ganho de peso vivo animal do presente trabalho divergem dos encontrados por (Corrêa, 1999).

Nas Tabelas 5A e 6A nota-se que não houve diferenças ($P>0,05$) para GPVMD dos animais entre os tratamentos irrigado e não irrigado, no entanto, ocorreu interação ($P<0,01$) entre manejos e ciclos de pastejo, cujo desdobramento revelou significância ($P<0,01$) para os ciclos 5 e 6. No ciclo de pastejo 5 os animais ganharam mais peso no sistema irrigado, enquanto no ciclo 6 ocorreu o contrário. Uma possível explicação para o fato pode ser atribuída à melhor qualidade da forragem com base nos teores obtidos de FDN, FDA e PB (Figuras 3, 4 e 5). As médias de GPVMD dos oito ciclos de pastejo coincidentemente estão muito próximas nos dois sistemas estudados, irrigado e não irrigado, sendo, respectivamente, iguais a 0,377 e 0,341 kg animal^{-1} dia^{-1} (Tabela 3).

Quando se estudou o tempo (representado por ciclos de pastejo) dentro de sistemas, verificou-se que no sistema irrigado não houve diferenças no decorrer dos ciclos, exceto no ciclo 5, cujo GPVMD dos animais foi superior aos demais, quando ocorreu o reinício do pastejo. Os piquetes estavam em descanso por causa da forte seca, no período de junho a outubro de 2006, no entanto a irrigação continuou. Em 23/10/2006, os animais voltaram aos piquetes e isso, provavelmente, pode ter favorecido a produção de uma forragem de melhor qualidade, pois estava mais tenra e com isso proporcionou maior consumo, e, por sua vez, um maior GPVMD dos animais. No entanto, embora o consumo de forragem seja similar em alguns momentos, nos dois sistemas, quando se estudou o tempo (ciclos de pastejo) dentro do sistema não irrigado, os valores de GPVMD dos animais foram, de certa forma, decrescentes do ciclo 1 ao 4. No ciclo de pastejo 6 foi registrado o maior GPVMD dos animais no sistema não

irrigado (Tabela 3), provavelmente pela ocorrência de chuvas nesse ciclo (nov/dez), o que proporcionou, associado à fertilidade residual, o valor mais elevado. Por outro lado, para o mesmo ciclo 6 no sistema irrigado já se observava uma considerável quantidade de material morto acamado no solo, iniciando, portanto, uma redução na produção de forragem a ser consumida pelos animais. No entanto, de forma geral, os valores de GPVMD dos animais tenderam a ser semelhantes nos dois sistemas, porém, em termos de consumo, os animais do sistema irrigado tenderam a consumir menos, apresentando maior eficiência no aproveitamento da forragem (Tabela 3). Isto indica que no sistema irrigado a forragem provavelmente apresentou melhor qualidade (Figuras 3 e 5).

Diante desses resultados, é possível perceber a importância da irrigação no que tange à qualidade da forragem produzida, concordando com Penati (2002) que considera que a qualidade da MS de pastagens irrigadas tende a ser melhor, o que é decisivo para aumentar a produtividade animal. Observa-se que o ganho de peso dos animais foi inferior ao desejado, com base no consumo, e, possivelmente, explicado pelos valores dos nutrientes encontrados na MS, como, por exemplo, a PB (Figura, 5). Isto sugere que existe um desequilíbrio na proporção energia: proteína da forragem consumida

É importante ressaltar que as taxas de lotação médias dos piquetes no período experimental, para os sistemas irrigado e não irrigado, foram, respectivamente, de 7,8 e 7,9 UA ha^{-1}. Era de interesse que os pesos dos animais nos dos dois sistemas fossem semelhantes, pois o estudo em questão avaliou concomitantemente as características de qualidade da forragem e do desempenho animal e a possível compactação do solo, contemplada no Capítulo 3.

Desse modo, os baixos resultados no desempenho animal levam a acreditar que estes consumiram forragem que, provavelmente, foi desviada para mantença, conforme sugere Parsch et al. (1997). Assim, segundo Ribeiro et al. (2008), um cuidado especial deve ser tomado na determinação da taxa de lotação

em função da quantidade e qualidade da forragem a ser consumida, pois se pode incorrer em aumento de idade de abate dos animais em detrimento do ganho de peso, comprometendo a rentabilidade da atividade.

Observa-se na Figura 3 que os teores de FDN foram superiores nos primeiros ciclos de pastejo, no início do período seco (outono), para os dois sistemas, irrigado e não irrigado, cuja curva de resposta foi a de 3º grau. É importante salientar que para forrageiras tropicais os teores de FDN normalmente são elevados, geralmente acima de 65% em rebrotas, alcançando valores de até 75 a 80% em estádios mais avançados de maturação (Aguiar, 1999). No presente trabalho, os teores de FDN encontrados foram bem superiores a 65%, variando de 68,6 a 82,15% e 71,01 a 83,20% (Figura 3) para os sistemas irrigado e não irrigado, respectivamente. Um valor similar foi encontrado por Malafaia et al. (1997), quando determinou teores de 30,2% de MS e teores de 80,45% de FDN e 44,94% de FDA em *B. brizantha* cv. Marandu colhida durante a estação das chuvas.

Os altos valores de FDN da forragem relativamente velha decorreram do problema da dificuldade e, portanto, demora na aquisição de novilhos da raça Nelore, uniformes e adequados para a condução do experimento, tornando impossível a condução de um manejo correto do pastejo dos piquetes seguindo as recomendações zootécnicas. Dessa forma, segundo Soest (1994), o teor de FDN é o fator que mais limita o consumo de volumosos, correlacionando-se de forma negativa com essa variável, o que pode ser uma provável explicação para os baixos resultados alcançados para ganho de peso dos animais neste experimento.

Conforme se observa na Figura 3, em geral, os valores de FDN na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 foram superiores na condição não irrigada. Realmente, é esperado que a irrigação proporcione a produção de forragem mais tenra, portanto com menor concentração de FDN.

Para FDA, não houve interação (P>0,05) entre manejos x ciclos, ocorrendo diferenças entre os sistemas de manejo irrigado e não irrigado e entre os ciclos de pastejo (Tabela 3A). Os teores médios de FDA na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 não irrigada alcançaram valores superiores (46,11%) em comparação com a irrigada (44,25%) (Tabela 4).

TABELA 4 Teores de FDA de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada, sob pastejo rotacionado, de oito ciclos de pastejo

Tratamento	**Médias**
Irrigado	44,25 b
Não Irrigado	46,11 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (P>0,01).

A concentração de FDA é uma variável importante quando se avalia a digestibilidade de um alimento, pois à medida que aumenta os seus teores, diminui a digestibilidade da MS (Branco, 2006). É importante ressaltar que as maiores mudanças que ocorrem na composição química das forrageiras são aquelas decorrentes de sua maturidade, pois à medida que a planta amadurece a produção dos componentes potencialmente digestíveis tende a decrescer. As proporções de lignina, celulose, hemicelulose e outras frações indigestíveis aumentam, resultando em queda da digestibilidade. Teores elevados desses componentes celulares foram determinados no presente estudo (Tabela 5), corroborados por valores relatados por Mari (2003), associados a uma baixa digestibilidade da forrageira.

Em termos médios, o comportamento da curva da FDA acompanhou o da FDN. Verifica-se, na Figura 4, que os teores de FDA relacionaram-se de forma cúbica com o tempo, situando-se entre 47% no início do experimento, elevando-se para próximo de 50% e caindo para cerca de 40% por volta do quinto ciclo, quando, novamente, valores ascendentes foram registrados nos

ciclos subsequentes. Os resultados aqui relatados e discutidos para digestibilidade demonstram que as pastagens no verão (período de chuvas) tendem a proporcionar forragem de melhor digestibilidade por apresentar uma menor fração de fibra indigestível (FDA), em comparação com a forragem produzida no outono. Segundo Dias Filho et al. (1989), plantas sob estresse hídrico possuem desenvolvimento mais lento e, portanto, são fisiologicamente mais novas e digestíveis que aquelas submetidas à condição ideal de umidade do solo. Essa afirmativa, no entanto, não foi confirmada neste estudo, uma vez que a digestibilidade da MS foi maior no verão e sendo inferior no outono mesmo sob irrigação. Resultados de DIVMS de capim-elefante relatados por Coser et al. (2008) mostram claramente que não há modificação com o uso da irrigação, durante o período seco do ano.

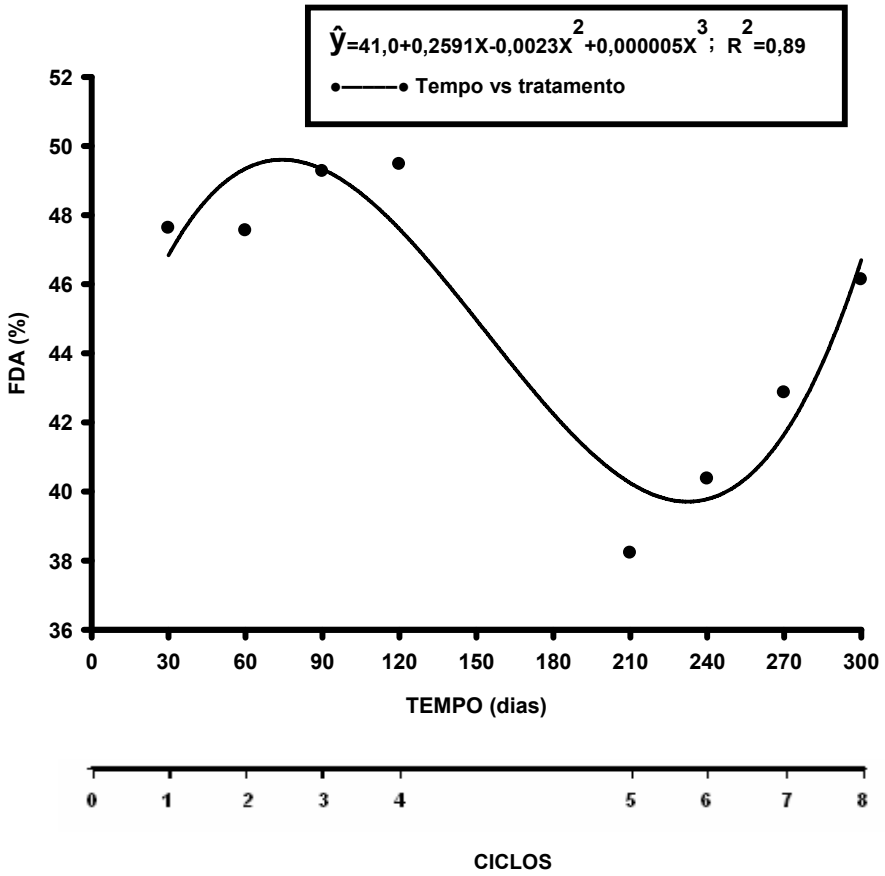


FIGURA 4 Teores de FDA na MS de *Brachiaria brizantha* cv MG-5 irrigada e não irrigada, sob pastejo rotacionado, avaliada no período de março de 2006 a março de 2007.

A digestibilidade da forrageira é maior no verão (Tabela 5), indicando melhor qualidade se comparada a do outono. Observa-se, ainda, que os teores de hemicelulose e lignina não foram diferentes para as duas estações (outono e verão) e que os de celulose diferiram (P<0,05) entre as estações, sendo superior

na forragem de outono. Isto pode ser confirmado pelos valores de FDA (Figura 4) por serem superiores nos quatro primeiros ciclos (outono), uma vez que celulose é a diferença entre FDA e lignina.

TABELA 5 Valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), hemicelulose, lignina e celulose de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada, sob pastejo rotacionado, em duas estações do ano

Variáveis	**Outono**	**Verão**
DIVMS (%)	46,68b	52,14a
Hemicelulose (%)	31,23a	32,14a
Lignina (%)	13,03a	12,16a
Celulose (%)	36,23a	31,95b

Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem entre si (P>0,05) pelo teste F.

Houve interação (P<0,01) entre manejos x ciclos de pastejo para os valores de PB na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 (Tabelas 3A e 4A e Figura 5).

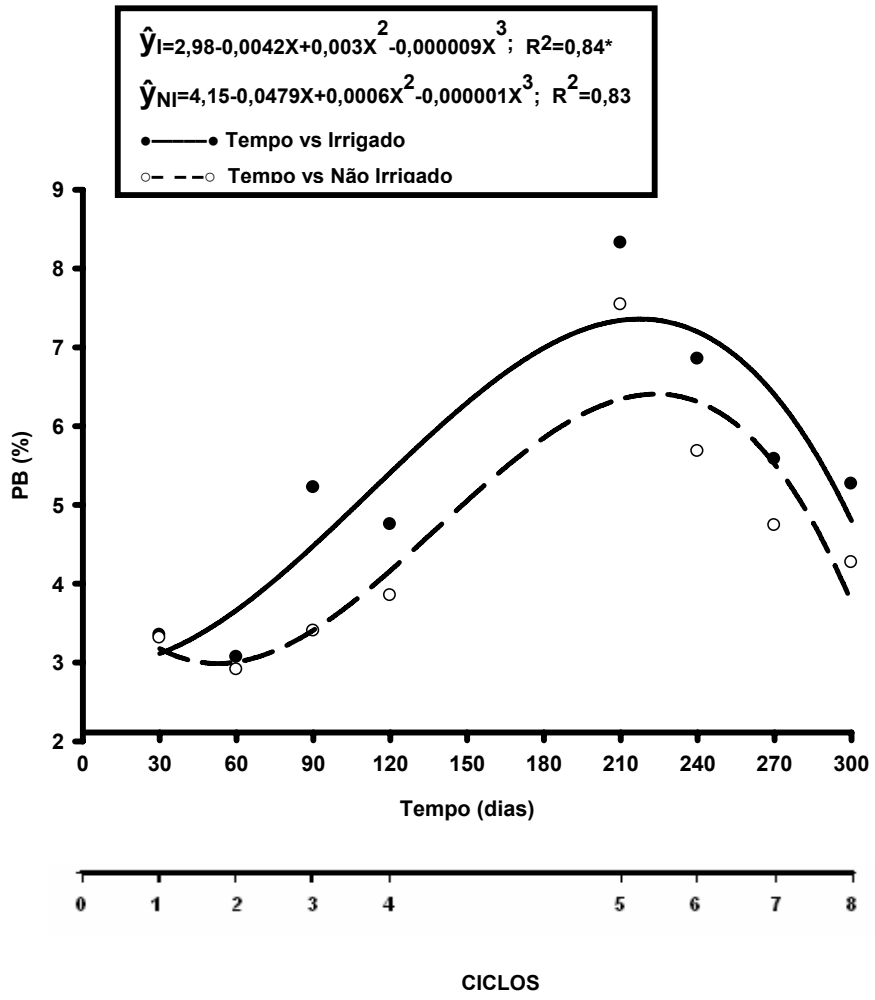


FIGURA 5 Teores de PB na MS de *Brachiaria brizantha* cv MG-5 irrigada (I) e não irrigada (NI), sob pastejo rotacionado, avaliada no período de março de 2006 a março de 2007.

Nos ciclos de pastejo 1 e 2 os teores de PB foram os mais baixos do período experimental (Figura 5), nos dois sistemas de manejo, não diferindo entre si. Esses pontos coincidem com o reinício do experimento e, portanto, com a presença de mais folhas (parte mais rica em nutrientes) disponíveis para a

alimentação dos animais. Os valores de PB, de forma geral, foram baixos se comparados com os disponíveis na literatura para as braquiárias. Provavelmente, isto ocorreu porque a forragem acumulou-se nos piquetes por um longo período, tornando-se de baixa qualidade, pois já se encontrava em adiantado estádio de maturação quando se iniciou o experimento no início do outono, coincidindo com a transição do período chuvoso para o seco. A partir do ciclo 3 até ao 8 os teores de PB foram aumentando para ambos os sistemas, com superioridade para o irrigado, alcançando os valores mais elevados no ciclo 5, quando também foram registrados os maiores GPVMD dos animais, conforme apresentado na Tabela 3. É importante ressaltar que em virtude da forte seca no ano de 2006, na região de Passos - MG, foi necessário interromper o experimento após o ciclo 4 por 90 dias (final de julho até o final de outubro) pois faltou forragem para os animais, principalmente no sistema não irrigado. Após o reinício do experimento, o sistema irrigado foi o que apresentou os maiores teores de PB, alcançando valor máximo de 8,32% no ciclo 5, coincidindo também com o início das chuvas. A partir do ciclo 6 até ao 8 houve redução dos teores de PB, contudo ainda sobressaindo valores superiores para o sistema irrigado. Isso demonstra que a irrigação também pode favorecer no sentido de elevar a qualidade da forragem em termos de PB. Nessa época os animais provavelmente selecionaram dietas mais digestíveis do que na época da seca, principalmente por terem preferência por folhas, que é a parte menos fibrosa em relação à planta inteira. Segundo Costa (2005), os baixos teores de PB podem ser atribuídos à queda de produção de MS, ao mesmo tempo em que os tecidos vão se tornando de baixa qualidade, o que diminui o valor nutritivo da forragem disponível. Castro et al. (2004), trabalhando com *B. brizantha* cv. Marandu colhida nas idades de corte de 28, 56, 84 e 112 dias, verificaram que os valores de PB diminuíram com o aumento da idade de corte.

Os teores de PB da *B. brizantha* cv. MG-5 deste estudo foram muito inferiores aos informados pela Matsuda (2005), com média de 13% em diferentes épocas do ano. Burton (1998) afirma que a adubação, sobretudo a nitrogenada, além de aumentar a produção de MS, pode elevar o teor de PB da forragem, bem como, em alguns casos, reduzir o teor de fibra, melhorando, portanto, a sua qualidade. Nesse sentido, acredita-se que uma adubação nitrogenada complementar seria necessária para a obtenção de melhores resultados para o valor nutritivo da forrageira estudada.

Trabalho conduzido por Balsalobre (2002) com *B. brizantha* cv. Marandu em experimento testando três resíduos pós-pastejo (baixo, médio e alto) em algumas épocas do ano, com ciclos de pastejo de 33 dias, apresentou resultados semelhantes aos desta pesquisa. Ainda, para esse autor, os teores de PB, lipídeos e minerais na MS da forragem tendem a se reduzirem, principalmente após o florescimento. Para Milford & Minson (1966), teores de PB inferiores a 7% na MS de gramíneas tropicais reduzem a sua digestibilidade em decorrência dos níveis inadequados de N para os microorganismos do rúmen. No presente trabalho, os teores de PB estiveram quase sempre abaixo desse valor, exceto no ciclo 5, quando também houve coincidência com menores valores de FDN e FDA, proporcionando os melhores ganhos de PV dos novilhos.

Os teores dos macrominerais P, K, Ca, Mg e S na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada sob pastejo rotacionado, em quatro ciclos de pastejo, estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 Teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na MS de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada, sob pastejo rotacionado, em quatro ciclos de pastejo (CP) no outono de 200

CP	Irrigado				
	P (g/kg)	**K (g/kg)**	**Ca (g/kg)**	**Mg (g/kg)**	**S (g/kg)**
1	0,63a	13,98bA	2,50aA	2,04aA	0,30aB
2	0,72a	12,97bA	1,72bC	1,83aB	0,20 bB
3	0,72a	9,00 bB	2,13bB	2,05bA	0,51aA
4	0,79a	9,96 bB	2,25bB	2,14aA	0,57bA
			Não Irrigado		
1	0,57a	15,80aA	1,62bB	1,70bB	0,08bB
2	0,60a	13,53bB	1,51bB	1,55bB	0,17bB
3	0,68a	9,06bC	2,02bA	1,87bA	0,22bB
4	0,73a	9,26bC	2,16bA	1,90bA	0,52bA

Dentro do mesmo ciclo, médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si (P>0,05) pelo teste t. No mesmo sistema de irrigação, médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si (P>0,05) pelo teste de Scott-Knott.

Para o P, não houve diferenças (P>0,05) em nenhuma das situações estudadas, sendo os seus teores médios iguais a 0,71 g/kg no sistema irrigado e 0,65 g kg^{-1} no sistema não irrigado (Tabelas 6 e 7A). De acordo com o NRC (2001), a concentração de P na MS recomendada para bovinos de corte é de 0,5 a 2,5 g kg^{-1}. Portanto, os valores encontrados neste estudo estão dentro do limite recomendado. Costa et al. (2008), trabalhando com doses de N e K, verificaram que a concentração de P na MS de *B. brizantha* cv. Xaraés apresentou uma variação entre 1,1 a 1,42 g kg^{-1}, sendo considerados normais para o crescimento de plantas forrageiras, conforme Malavolta et al. (1986).

Não houve diferenças (P>0,05) (Tabela 7A) entre os manejos com e sem irrigação para os teores de K, com médias respectivas para os sistemas irrigado e não irrigado de 11,48 e 11,91 g kg^{-1}. Por outro lado, houve diferenças (P<0,01) entre as médias dos ciclos de pastejo, sendo os maiores teores encontrados no primeiro e segundo ciclos e decrescendo até o quarto ciclo (Tabelas 6, 7 e 7A).

TABELA 7 Teores de potássio (K) e magnésio (Mg) na MS de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada, sob pastejo rotacionado, em quatro ciclos de pastejo

Ciclos de pastejo	K (g/kg)	Mg (g/kg)
1	14,89 a	1,87 a
2	13,25 a	1,69 b
3	9,03 b	1,96 a
4	9,60 b	2,02 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não deferem entre si (P>0,05) pelo teste de Scott-Knott.

Costa et al. (2007) obtiveram valores de 2,2 g kg^{-1} de K para a mesma gramínea deste estudo colhida aos 60 dias de idade, muito inferiores aos do presente trabalho. Por outro lado, Silveira et al. (2005) relatam que as concentrações de K no tecido de *Brachiaria* spp. podem variar entre 15 e 25 g kg^{-1}, sendo, portanto, superiores às encontradas no presente estudo. Para ruminantes, o requerimento de K é estimado em 0,5 a 1,0% na MS da dieta, sendo de 1,2% para vacas leiteiras sob condições de estresse térmico (McDowell, 1999). Os valores de K encontrados no presente estudo concordam com relato de Monteiro et al. (1995) que informam que em *B. brizantha* cv. Marandu a concentração de K tem variado entre 4,3 e 28,0 g kg^{-1}.

Os teores de Ca na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 foram influenciados (P<0,01) pelos manejos irrigado e não irrigado, apresentando uma variação de 1,72 a 2,50 g kg^{-1} e 1,51 a 2,16 g kg^{-1}, respectivamente (Tabela 6). Observa-se também uma interação entre manejos x ciclos de pastejo (Tabela 7A). Dessa forma, quando do desdobramento da interação verificou-se que somente o ciclo 1 foi significativo (P<0,01) dentro de ciclos, enquanto o desdobramento para manejos irrigado e não irrigado foi significativo (P<0,01) para ambos (Tabela

9A). Segundo o NRC (1976), os requerimentos de Ca para crescimento e engorda de bovinos de corte variam de 0,18 a 1,04%, tais valores sendo alcançados na cv. MG-5 do presente estudo, estando acima do nível crítico sugerido por Rao et al. (1996), de 0,37% de Ca na MS de *B. brizantha.* Tebaldi et al. (1997), trabalhando com algumas forrageiras inclusive braquiária, encontraram teores de Ca variando de 0,25 a 0,82% na MS, sendo os valores superiores na seca, isto é, época de escassez de água. No presente trabalho, observa-se que nos ciclos estudados (outono), próximo ao inverno (seca), em pastagem não irrigada os teores médios de Ca foram crescentes dentro dos ciclos, concordando com os resultados daqueles autores.

Quanto aos teores de Mg, a análise de variância detectou significância ($P<0,01$) entre manejos e ciclos de pastejo (Tabela 7A). Assim, constatou-se um maior teor de Mg na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada em comparação à não irrigada (Tabelas 6 e 8). Por outro lado, os teores de Mg foram iguais e superiores nos ciclos de pastejo 1, 3 e 4 em comparação ao ciclo 2 (Tabela 7). Valores superiores (3,10 g/kg) foram encontrados por Costa et al. (2007) na MS da cv. MG-5 colhida aos 60 dias de idade, demonstrando que, provavelmente, em forrageira mais jovem o teor de Mg é superior. Diante disso, fica claro que a irrigação pode proporcionar uma diferença significativa positiva para a concentração de Mg.

TABELA 8 Teores de magnésio (Mg) na MS de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada, sob pastejo rotacionado

Tratamento	**Mg (g/kg)**
Irrigado	2,02 a
Não irrigado	1,76 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($P>0,05$) pelo teste t.

A concentração de S na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 foi significativamente influenciada (P<0,01) pelos manejos irrigado e não irrigado (Tabela 6 e 7A), com as respectivas médias de 0,40 e 0,25 g kg^{-1}. Os relatos de Faquin et al. (1994) mostram que as concentrações de S na parte aérea de *B. decumbens* cultivada em solos deficientes nesse elemento foram extremamente baixas, média de 0,04%, não atendendo aos requisitos mínimos de 0,10% dos bovinos em pastejo, segundo o NRC (1976). Quando se desdobra a interação sistemas de manejo x ciclos de pastejo (Tabela 9A), verifica-se que, com exceção do ciclo 1 do sistema não irrigado, as concentrações de S do presente estudo (Tabela 6) atendem aos requisitos preconizados pelo NRC (1976) para bovinos em pastejo. Nota-se que no sistema irrigado as concentrações de S foram superiores nos ciclos 3 e 4, enquanto para o sistema não irrigado somente a do ciclo 4 foi superior às demais (Tabela 6).

As concentrações dos microminerais Cu, Fe, Mn e Zn de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada sob pastejo rotacionado, em quatro ciclos de pastejo, estão relacionadas nas Tabelas 9, 10 e 11.

TABELA 9 Teores de cobre (Cu) e ferro (Fe) na MS de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada, sob pastejo rotacionado, em quatro ciclos de pastejo (CP) no outono de 2006

CP	Irrigado	
	Cu (mg/kg)	**Fe (mg/kg)**
1	4,66 aA	113,69 aB
2	4,06 aB	123,44 aB
3	5,25 aA	181,12 aA
4	4,19 aB	161,19 aA
	Não Irrigado	
1	3,62 bA	48,50 bC
2	4,56 aA	100,37 aB
3	3,75 bA	113,37 bB
4	3,81 aA	140,81 aA

Dentro do mesmo ciclo, médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si (P>0,05) pelo teste t. No mesmo sistema de irrigação, médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si (P>0,05) pelo teste de Scott-Knott.

TABELA 10 Teores de manganês (Mn) e zinco (Zn) na MS de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada, sob pastejo rotacionado, em quatro ciclos de pastejo

Ciclos de pastejo	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
1	164,69 b	19,46 b
2	182,84 b	22,12 b
3	221,500 a	28,65 a
4	231,50 a	29,50 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (P>0,05) pelo teste de Scott-Knott.

TABELA 11 Teores de manganês (Mn) e zinco (Zn) na MS de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 irrigada e não irrigada, sob pastejo rotacionado

Tratamento	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Irrigado	221,73 a	28,76 a
Não irrigado	178,53 b	21,11 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si (P>0,05) pelo teste t.

As concentrações de Cu variaram de 4,06 a 5,25 mg kg^{-1} no sistema irrigado e de 3,62 a 4,56 mg kg^{-1} no sistema não irrigado (Tabela 9), em geral apresentando-se adequadas para a nutrição animal no sistema irrigado e inadequadas no não irrigado, segundo McDowell (1999). Por outro lado, os níveis de Cu encontrados na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 podem ser considerados baixos pois Malavolta (1987) relata que o teor adequado desse elemento para um bom crescimento de *Brachiaria* spp. é de 6,0 mg kg^{-1}, enquanto Primavesi et al. (2006) consideram adequados os teores de 7 a 10 mg kg^{-1} para *B. brizantha* cv. Marandu.

Também ocorreu interação entre sistemas de manejo x ciclos de pastejo, de modo que os ciclos 1 e 3 foram superiores ao 2 e 4, no sistema irrigado; já para o sistema não irrigado, não ocorreu diferenças entre os ciclos (Tabelas 9, 8A e 9A).

Para o Fe, houve diferenças (P<0,01) para os sistemas irrigado e não irrigado, ocorrendo interação entre sistemas de manejo x ciclos de pastejo (Tabelas 8A e 9A). Os teores de Fe situaram-se entre 113,69 e 181,12 mg kg^{-1} para o sistema irrrigado e entre 48,5 e 140,81 mg kg^{-1} para o não irrigado (Tabela 9), nos quatro ciclos de pastejo de *B. brizantha* cv. MG-5 pastejada por novilhos Nelore sob sistema rotacionado. Segundo Malavolta (1987), os teores adequados de Fe na MS para um bom crescimento de *Brachiaria* spp. situam-se

entre 180 e 250 mg kg^{-1}. Neste estudo, os valores foram inferiores aos estabelecidos pelo autor, exceto no ciclo 3 do sistema irrigado. Para McDowell (1999), o requerimento estimado de Fe para um ruminante adulto encontra-se entre 30 e 60 mg kg^{-1}, enquanto para bezerros este requerimento é maior, situando-se ao redor de 100 mg kg^{-1}, demonstrando que a exigência pelo animal jovem é maior que a do adulto.

Para os teores de Mn, houve efeito significativo ($P<0,01$) para sistemas de manejo e ciclos de pastejo, não ocorrendo interação ($P>0,05$) entre esses fatores (Tabela 8A). De outra forma, os teores de Mn foram superiores no tratamento irrigado em comparação ao não irrigado (Tabela 11).

No estudo da concentração de Mn na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 nos quatro ciclos de pastejo, os teores foram iguais e superiores nos ciclos 3 e 4 em comparação aos dos ciclos 1 e 2 nas condições irrigada e não irrigada (Tabela10).

Para o Zn, o seu comportamento foi semelhante aos relatados e discutidos para Mg e Mn, ou seja, não houve interação significativa entre sistemas (com e sem irrigação) x tempo (ciclos de pastejo), no entanto detectou-se diferenças ($P<0,01$) para os fatores isolados sistemas e ciclos (Tabela 8A). A *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada apresentou concentração mais elevada de Zn na sua MS em comparação com a não irrigada (Tabela 11).

No estudo da concentração de Zn na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 nos quatro ciclos de pastejo, os teores foram iguais e superiores nos ciclos 3 e 4 em comparação aos dos ciclos 1 e 2 (Tabela 10), correspondendo ao mesmo comportamento exibido pelo Mn..

4 CONCLUSÕES

A produção de MS total de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada foi superior nos ciclos de pastejo iniciais (outono), igualando-se nos ciclos posteriores (verão).

Os animais consumiram menor quantidade de forragem no sistema irrigado, porém apresentaram ganhos de peso vivo semelhantes nos dois sistemas.

Os teores de FDN na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada, na maioria dos ciclos de pastejo, foram inferiores aos da não irrigada, mesmo assim são considerados bastante altos se considerar que 65% é um teor limite para forrageiras tropicais.

Os teores de FDA na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 irrigada foram inferiores aos da não irrigada, resultando em valores superiores de digestibilidade da MS no primeiro sistema.

Os teores de PB na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 foram relativamente baixos, todavia sendo superiores no sistema irrigado em comparação ao não irrigado.

A irrigação promoveu acréscimos nos teores de Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn na MS de *B. brizantha* cv. MG-5 em todos os ciclos de pastejo ou na maior parte deles.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. P. A. Possibilidades de intensificação do uso da pastagem através de rotação sem ou com uso mínimo de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: FUNDAMENTOS DO PASTEJO ROTACIONADO, 14., Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 85-138.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington, 1990.

BALSALOBRE, M. A. A. **Valor alimentar do capim-tanzânia irrigado**. 2002. 113 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BRANCO, A.F. **Caracterização de alimentos para ruminantes**. 2006. Disponível em: <http://www.potasal.com.br/. Acesso em: 10 fev. 2006

BUENO, M. E. G**. Potencial produtivo e qualitativo de gramíneas tropicais sob diferentes níveis de adubação nitrogenada, irrigação e época do ano.** 2006. 81 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

BURTON, G. W. Registration of tifton 78 bermuda grass. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 2, p. 187-188, 1998.

CARVALHO, F. A. N.; BARBOSA, F. A.; McDOWELL, L. R. **Nutrição de bovinos a pasto.** Belo Horizonte: Papelform, 2003. 438 p.

CASTRO, G. H. F.; GRAÇA, D. S.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; POSSAS, F. P.; JAYME, C. G.; NOGUEIRA, U. T.; RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, A. L. C.; SALIBA, E. S. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em quatro diferentes idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais**... Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

CORRÊA, L. A. Produção de gado de corte em pastagens adubadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 1., 1999, Goiânia. **Anais**... Goiânia: CBNA, 1999. p. 81-94.

COSER, A. C.; MARTINS, C. E.; DERESZ, F.; FREITAS, A. F.; PACIULLO, D. S.; ALENCAR, C. C. A. B.; VÍTOR, C. M. T. Produção de forragem e valor nutritivo do capim-elefante, irrigado durante a época seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1625-1631, nov. 2008

COSTA , K. A. P.; CUSTÓDIO, D. P. S.; DIURLA, C. A. E.; OLIVEIRA, I.; ROSA, B. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu1. **Ciência Animal Brasileira,** Goiânia, v. 6, n. 3, p. 187-193, jul./set. 2005.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN ,V.; OLIVEIRA, I. P.; NEVES, B. P**.;** RODRIGUES, C. R.; SAMPAIO, F. M. T. **Ciência e Agrotecnologia,** Lavras, v. 31, n. 4, p. 1197-1202, jul./ago. 2007.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN ,V.; FIGUEIREDO, F. C.; RODRIGUES, C. R.; NASCIMENTO, P. P. Adubação nitrogenada e potássica na concentração de nutrientes do capim-Xaraés. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 1, p. 86-92, jan./mar. 2008.

COSTA, N. L. Curva de crescimento e composição química da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Rondônia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais**... Brasília: SBZ, 1995. p. 38-40.

DIAS FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. de. Pastagens no ecossistema do trópico úmido. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 2., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p. 95-104.

DIAS FILHO, M. B.; CORSI, M.; CUSATO, S. Respostas morfológicasde *Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiatã ao estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 893-898, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306 p.

EUCLIDES, V. P. B.; BARBOSA, R. A.; CARDOSO, E. G.; GONÇALVES, W. V.; MACEDO, M. C. M. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 2200-2208, 2000. Suplemento 2.

FAQUIN, V., FERRARI NETO, J.; EVANGELISTA, A. R.; VALE, F. R. do. Limitações nutricionais do colonião (*Panicum maximum*, Jacq) e da braquiária (*B. decumbens* Stapf), em amostras de um latossolo do noroeste do Paraná: II. Nutrição em macro e micronutrientes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 23, n.4, p. 552-564, 1994.

HERRICK, J. B. Minerals in animal health. In: ASHMEAD, H. D. (Ed.). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993. p. 3-20.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p. 56-84.

MALAFAIA, P. A. M.; VALADARES FILHO, S. C.; VIEIRA, R. A. M.; SILVA, J. F. C.; PEDREIRA, J. C. Determinação cinética ruminal das frações protéicas e nitrogenada de alguns alimentos para ruminantes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 1243-1251, 1997.

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Ceres, 1987. 496 p.

MALAVOLTA, E.; LIEM, T. H.; PRIM AVESI, A. C. Exigências nutricionais das plantas forrageiras. In: CALAGEM E ADUB AÇÃ O DE PASTAGENS, 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira da Potassae do Fosfato, 1986. p. 31-76.

MARI, L. J. **Intervalo entre corte em capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu):** produção, valor nutritivo e perdas associadas a fermentação da silagem. 2003. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

MARI, L. J.; NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S. F.; RIBEIRO, J. L.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M. C.; LOURES, R. S.; PEDROSO, A. F. Magnitude das alterações na composição morfológica e valor nutritivo do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*, Stapf. cv. Marandu) mantido a intervalos fixos entre cortes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais**... Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; CUNHA, D. N. F. V. M.; MELO, L. Características morfogênicas e estruturais do Capim-Xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.

McDOWELL, L. R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil.** 3. ed. Gainesville: University of Florida, 1999. 92 p.

MILFORD, R.; MINSON, D. J. Intake of tropical pasture species. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGEM, 9., 1965, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Secretaria de Agricultura, 1966. p. 814-22.

MONTEIRO, F. A.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, D. D.; ABREU, J. B. R.; DAIUB, J. A. S.; SILVA, J. E. P.; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 135–141, 1995.

MOTT, G. O. Evaluacion de la produccion de forrajes In: HUGHES, H.D.; HEATH, M. E.; METCALFE, D. S. (Ed.). **Forrajes:** la ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. México: CECSA, 1970. p.131-141.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Subcommittee on Beef Cattle Nutrition. **Nutrient requirement of beef cattle.** 5. ed. Washington: National Academy of Science, 1976. 56 p. (Nutrient Requirements of Domestic Animals, 4).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6. ed. Washington, D.C.: National Academy, 1984. 381 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.e d. Washington: National Academy, 2001. 408 p.

PARSCH, L. D.; POPP, M. P.; LOEWER, O. J. Stocking rate risk for pasture-fed steers under weather uncertainty. **Journal of Range Management**, Tucson, v.50, n.5, p.541-549, 1997.

PEDREIRA, B. C. **Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim Xaraés [Brachiaria brizantha (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] submetidos a estratégias de pastejo rotacionado**. 2006. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz", Piracicaba.

PEDREIRA, B. C.; PEDREIRA, C. G. S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés [*Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés] e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, July/Aug. 2007.

PENATI, M. A. **Estudo do desempenho animal e produção do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) em um sistema rotacionado de pastejo sob irrigação em três níveis de resíduo pós-pastejo**. 2002. 117 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006.

RAO, I. M.; KERRIDGE, P. C.; MACEDO, M. M. **Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils.** In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B.; KUMBLE, V. ***Brachiaria*:** biology, agronomy and improvement. Cali: CIAT, 1996. p. 53-71. (Publication, 259).

RIBEIRO E. G.; FONTES C. A . A.; PALIERAQUI, J. G. B; MARTINS, C. E.; COSER, A. C.; SANT´ANA, N. F. Influência da irrigação durante as épocas seca e chuvosa na taxa de lotação, no consumo e no desempenho de novilhos em pastagens de capim-elefante e capim-mombaça **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 9, p. 1546-1554, 2008.

SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Características morfogenéticas e taxa de acúmulo de forragem do capim-mombaça submetido a três intervalos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 843-851, 2004.

SILVEIRA, C. P.; NACHTIGALL, G.; MONTEIRO, F. A. Calibração do modelo e validação do sistema integrado de diagnose e recomendação para o capim-Braquiária. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 520-527, 2005.

SOARES FILHO, C. V. Recomendação de espécie e variedade de Brachiaria para diferentes condições, In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 1., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 25-48.

SOEST, P. J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 446 p.

SOUZA, F. H. D. As sementes de espécies forrageiras do gênero Brachiaria no Brasil Central. In: PAULINO, V. T. **A *Brachiaria* no novo século**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 2002.

TAMASSIA, L. F. M.; HADDAD, C. M.; CASTRO, F. G. F.; VENDRAMINI, J. M.; DOMINGUES, J. L. Produção e morfologia do capim de rhodes em seis maturidades. **Scientia Agrícola,** Piracicaba, v. 58, n. 3, 2001.

TEBALDI, F. L. H.; SILVA, J. F. C.; MALDONADO, H., FERNANDES, A. M. Nr 50. Níveis críticos de minerais em forrageiras e água da região norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Archives Latinoamericano Prodution Animal ,** v.5, n.1, p. 248-250, 1997. Suplemento.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of the Britisth Grassland Society,** London, v.18, n.2, p. 104-111, 1963.

VALLE, C. B.; LEMPP, B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. Lançamento de cultivares forrageiras: o processo e seus resultados - cvs. Massai, Campo grande, Xaraés. In: NÚCLEOS DE ESTUDOS EM FORRAGICULTURA, 4., 2003, Lavras. **Anais…** Lavras: UFLA, 2003. p. 179-225.

VIANA, J. A. C. Complementação e suplementação de bovinos em pastagem no Brasil. In: SEMANA DE ZOOTECNIA, 2., 1977, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: USP, 1977. p-1-26.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; GARGANTINI, P. E.; LIMA, R. C. Qualidade de forragem de caim-Mombaça sob irrigação na região Oeste do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABEAS, 2006. 1 CD-ROM.

VILELA, P. A. Uma visão sobre a produção intensiva de bovinos de corte com o uso do pivô central. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE, 1., 1999, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CBNA, 1999. p. 191-200.

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais**… Viçosa, MG: UFV, 1997. p. 349-379.

CAPÍTULO 3

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE UM SOLO SOB PASTAGENS COM E SEM IRRIGAÇÃO DE *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 EM PASTEJO ROTACIONADO

RESUMO

As produtividades da pastagem e do animal podem sofrer redução pela compactação exercida pelo pisoteio animal, principalmente, quando o solo encontra-se em condições de umidade excessiva. Nesse sentido, a propriedade mecânica do solo de resistência ao cisalhamento direto é um parâmetro importante para caracterizar o estado de compactação do mesmo. Para avaliar eventuais alterações físicas e mecânicas do solo sob pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 com e sem irrigação, em pastejo rotaciondado, e mata natural no período de março de 2006 a março de 2007, na Fazenda Experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais, Campus de Passos – MG, foi conduzido um estudo de resistência do solo ao cisalhamento. As amostras de solo foram testadas nas tensões de retenção de água de 0,33 e 0,06 atm. As tensões normais usadas no ensaio foram 194, 304, 415 e 526 kPa e com os objetivos de traçar e comparar as envoltórias de resistência ao cisalhamento de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd) submetido a diferentes manejos e usos; calcular a coesão aparente desse solo; detectar se o manejo na condição irrigada ou não irrigada provocou alteração física do solo e propor, usando parâmetros da física do solo, um índice de correção para o cálculo da taxa de lotação animal das pastagens. As envoltórias de resistência ao cisalhamento do LVAd, na tensão de retenção de água de 0,06 atm, para pastagem irrigada e mata natural, não apresentaram diferenças estatísticas, porém apresentaram valor de coesão aparente superior ao da pastagem não irrigada. Para a tensão de retenção de água de 0,06 atm, a coesão aparente foi responsável pelas possíveis alterações da estrutura do solo. Na tensão de 0,33 atm, não foram detectadas diferenças estatísticas na resistência ao cisalhamento entre as pastagens irrigada e não irrigada e mata natural. Os fatores de correção calculados foram muito próximos de 1, valores que, no momento, não acusam nenhuma alteração estrutural significativa do solo. Os valores encontrados para os fatores de correção indicam uma possível compactação inicial que pode ser intensificada em períodos de manejos prolongados.

ABSTRACT

The yields of the pasture and of the animal can undergo reduction by compaction exercised by animal trampling, mainly when soil finds itself in conditions of excess moisture. In this sense, the mechanical property of the soil resistance to direct shearing is an important parameter to characterize its compaction status. To evaluate occasional physical and mechanical alterations of soil under pastures of *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 with and without irrigation in rotated grazing and natural wood in the period of march of 2006 to march of 2007, on the Minas Gerais State University experimental farm , Campus of Passos – MG, a study of soil resistance to shearing was conducted. The soil samples were tested at the water holding stresses of 0.33 and 0.06 atm. The normal stresses used in the trial were 194, 304, 415 and 526 kPa and with the objectives of drawing and comparing the envelopments to shearing resistance of a distrophic Red Yellow Latosol (RYLd) submitted to different managements and uses; calculating the apparent cohesion of that soil; detecting if the management in the irrigated or non-irrigated conditions caused physical alteration of soil and proposing, by using soil physic parameters, a correction index to the calculation of the animal stocking rate of the pastures . The envelopments of shearing resistance of RYLd, at the water-holding stress of 0.06 atm, for irrigated pasture and natural wood presented no statistical differences, but they presented apparent cohesion value of superior to that of the non-irrigated pasture. For water-holding stress of 0.06 atm, the apparent cohesion was responsible for the possible alterations of soil structure. At the stress of 0.33 atm, no statistical differences in shearing resistance between the irrigated and non-irrigated pastures and natural wood were detected. The calculated correction factors were very close to 1, values which, at the moment, accused no significant structural alteration of soil. The values found for the correction factors indicate a possible initial compaction which can be enhanced in prolonged management periods.

1 INTRODUÇÃO

A degradação das pastagens tem representado uma preocupação quanto à sustentabilidade dos sistemas produtivos de carne e leite no Brasil. A maior parte dos estudos dessa natureza está relacionada com fatores inerentes ao manejo de forma geral, como taxa de lotação animal, morfologia e perda de vigor da planta forrageira, falta de reposição de nutrientes ao solo e inadequada aplicação de tecnologias. Tudo isso tem contribuído para o processo de degradação da pastagem. Associada a esses fatores, a redução na qualidade e produtividade da pastagem e, consequentemente, redução no ganho de peso animal podem estar relacionados também à degradação física do solo ocasionada pelo pisoteio animal, principalmente, quando a pastagem está sob irrigação, pois a umidade do solo é um dos fatores controladores da compactação (Pires, 2007).

O manejo inadequado da quantidade de animal por área e a umidade do solo em valores críticos têm contribuído para o avanço de áreas compactadas no Brasil e um outro desafio para a pesquisa é descobrir técnicas mais precisas de avaliar, quantificar, controlar e prevenir essa compactação (Rocha, 2003).

A compactação pode ser entendida como a redução do espaço poroso do solo decorrente da aplicação de forças externas, como, por exemplo, o pisoteio animal (Rocha, 2007). Em culturas irrigadas, a compactação do solo é uma preocupação, pois o solo permanece úmido e, conseqüentemente, com baixa capacidade de suporte de carga (Dias Júnior, 1994). A compactação pelo tráfego de máquinas e/ou pisoteio animal é constatada em diversos trabalhos (Kondo & Dias Júnior, 1999; Oliveira et al., 2003; Lima, 2004). Algumas das propriedades relativas ao comportamento compressivo do solo são obtidas da curva de compressão, representada graficamente pela relação entre o logaritmo da pressão aplicada e a densidade do solo ou índice de vazios que auxilia na análise do processo de compactação, estimando o quanto um solo pode suportar cargas. A pressão de preconsolidação, portanto, pode ser determinada através das curvas de

compressão do solo, obtidas dos ensaios de compressão uniaxial (Dias Júnior & Peirse, 1996). Diante disso, o índice de compressão e a pressão de preconsolidação têm sido usados para a obtenção da capacidade de suporte de carga do solo, uma vez que esse parâmetro quantifica a maior pressão que o solo já sofreu no passado e por isso representa o limite máximo de carga suportado antes que a compactação adicional ocorra (Imhoff et al., 2001). A compactacão adicional em solos sob pastejo pode refletir, segundo Taylor (1981), na redução do desenvolvimento do sistema radicular e, consequentemente, redução na produção de massa verde da parte aérea das forrageiras das pastagens. Trabalhos dessa natureza, contudo, em sistemas agrícolas ainda são incipientes, havendo poucas informações (Assis & Lanças, 2005).

Kondo & Dias Júnior (1999), analisando a compressibilidade de Latossolos sob diferentes usos, constataram que solos sob condição de cultura anual são mais susceptíveis à compactação do que aqueles sob mata natural e pastagem, em virtude de sua menor capacidade de suporte de carga para uma mesma faixa de umidade, visto que sofreram sucessivas arações e gradagens. Essas arações e gradagens proporcionaram uma estrutura mais solta e de menor resistência mecânica. Lima et al. (2004), em estudo para quantificar as curvas de compressão e a pressão de preconsolidação em sistemas de pastejo intensivos rotacionados irrigado e não irrigado, apresentaram resultados que comprovaram a hipótese da diferença na compressibilidade do solo sob tais sistemas. Além disso, os autores observaram que a maior compactação inicial verificada no sistema de pastejo intensivo rotacionado irrigado favoreceu o deslocamento das curvas de compressão uniaxial para valores superiores de densidade do solo. Ainda, complementando seus estudos, esses mesmos autores verificaram que a pressão de preconsolidação foi significativamente superior no quarto ciclo de pastejo, no sistema de pastejo intensivo rotacionado irrigado em relação ao não irrigado. Pires (2007), trabalhando com Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico

(LVAd) sob pastagens irrigada e não irrigada, encontrou modelos diferentes de capacidade de suporte de carga entre os manejos pastagem antes do pisoteio animal, mata natural e pastagem após o pisoteio animal na tensão de retenção de água de 0,06 atm. O autor comprovou o efeito compactante do pisoteio animal na camada superficial do solo, podendo resultar na alteração da estrutura, selamento superficial e, consequentemente, a ocorrência de enxurrada pela baixa infiltração resultante dessa compactação, com possível redução no desenvolvimento radicular da forrageira pela resistência mecânica do solo.

Dentre as diversas técnicas que podem ser utilizadas para avaliar as condições físicas do solo, a resistência ao cisalhamento é uma das principais propriedades dinâmicas dos solos, uma vez que correlaciona com a densidade do solo, resistência à penetração, porosidade e grau de intemperismo (Rocha et al. 2002). Tais técnicas são representadas pela coesão do solo, pelo ângulo de atrito interno e pela resistência do solo ao cisalhamento. Pires (2007) não encontrou diferenças para resistência ao cisalhamento do LVAd entre as pastagens irrigada e não irrigada na tensão de 6 kPa após o pisoteio animal. Também não foram detectadas diferenças entre a mata natural (ponto referencial) e a pastagem após o pisoteio animal. O autor concluiu que não houve degradação da estrutura do solo após o pisoteio animal, porém, ressalta que, por se tratar de avaliação no primeiro ano de exploração, tal resultado não é consistente, pois o pisoteio não foi suficiente para induzir maior resistência mecânica do solo da pastagem em comparação ao da mata.

A resistência ao cisalhamento, segundo Rocha et al. (2007), é mais precisa na detecção de alteração estrutural do solo, pois quando se avalia a dinâmica do tráfego de máquinas ou do pisoteio animal os parâmetros da resistência do solo ao cisalhamento, por serem caracterizados pela combinação das forças tangenciais e normais, refletem com mais exatidão a dinâmica das forças sobre o solo.

A compactação também pode estar relacionada com o volume e classe de tamanho de poros ocasionada pelo tráfego de animais ou máquinas (Gaggero, 2002). Assim, a estrutura do solo, quando analisada em escala diminuta, revela uma redução no tamanho e número de macroporos, bem como mudanças na forma e continuidade dos poros. O uso da macroporosidade do solo é um limitante e tem grande aceitação entre os pesquisadores (Centurion & al., 2007; Oliveira et al., 2007) para auxiliar na avaliação física do solo.

Objetivou-se, com a condução deste estudo, traçar e comparar as envoltórias de resistência ao cisalhamento de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico média A moderado (Empresa Brasileira de Pesquisa Agrocupecuária - Embrapa, 2006) submetido a diferentes manejos e usos; calcular a coesão aparente desse solo; detectar se o manejo provocou ou não alteração física nesse solo e propor, usando parâmetros da física do solo, um índice de correção para o cálculo da taxa de lotação para pastagens irrigada e não irrigada de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória sob pastejo rotacionado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no período de março de 2006 a maio de 2007 na Fazenda Experimental da Universidade do Estado de Minas Gerais, Campus de Passos – MG, nas coordenadas de 19º S e 43º W, apresentando uma altitude média de 700 m. A região apresenta temperatura média anual entre 18 e 20ºC, com máxima de 38ºC e precipitação pluvial média anual de 1709 mm.

O experimento foi implantado em uma área de, aproximadamente, 5 ha e dividido em dois sistemas de manejo, sendo 2,5 ha irrigados e 2,5 ha não irrigados, divididos em 32 piquetes (16 irrigados e 16 não irrigados). A rotação dos piquetes ocorreu a cada dois dias de ocupação e 30 dias de descanso, resultando em um ciclo de pastejo de 32 dias. As adubações de estabelecimento e de cobertura foram efetuadas com base nos resultados da análise de solo e de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999), constando da aplicação de superfosfato simples para implantação (555 kg ha^{-1}) e cobertura com sulfato de amônio (100 kg ha^{-1}). Foi destinada uma área de descanso para os animais, na qual eram disponibilizados sal mineral e água à vontade, conforme ilustração da Figura 2, Capítulo 2.

As divisões dos piquetes foram efetuadas com cercas elétricas, com eletrificador ligado a um painel solar. O terreno apresenta declividade média de 5,6%.

Inicialmente, foram coletadas amostras de solo para as análises química, matéria orgânica e de textura. A profundidade de coleta das amostras indeformadas de solo foi definida, após serem obtidos os valores de resistência à penetração do solo na capacidade de campo, em trincheiras de 40 cm de profundidade, em uma área de pastagem vizinha, de mesma classificação de solo, submetida a pastejo por vários anos. Dessa forma, foi escolhida a profundidade de máxima resistência mecânica à penetração (0,03 m), adotando-se essa profundidade como sendo a mais afetada pelo pisoteio animal.

Em cada sistema de manejo (irrigado e não irrigado), foram coletadas aleatoriamente, 32 amostras indeformadas. A mata natural, como parâmetro de referência, possui área de 2 ha e está sobre o mesmo solo. As amostras foram coletadas utilizando-se amostradores especialmente desenvolvidos para ensaios de cisalhamento direto, em anéis quadrados com dimensões de 5,95 x 5,95 cm e 2,2 cm de altura (Rocha, 2003).

Após a coleta, as amostras foram embaladas em filme plástico e, posteriormente, parafinadas e identificadas. A utilização do filme e a parafina são suficientes para garantir a estrutura da amostra e ser preservada até o momento da realização dos ensaios. O volume da amostra é correspondente ao volume do anel, sendo necessário, para seu preparo, retirar as partes excedentes das superfícies.

Estas amostras foram levadas ao Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Lavras onde foram previamente saturadas. Das 32 amostras de cada manejo, após a saturação, 16 amostras foram equilibradas na tensão de 0,06 atm (correspondente à capacidade de campo). As 16 amostras restantes foram equilibradas na tensão de 0,33 atm (solo mais seco), procedimento esse realizado no conjunto extrator de placas de Richardt. Uma vez estabilizadas as amostras nas tensões de retenção de água, as mesmas foram submetidas ao ensaio de cisalhamento direto, segundo Rocha (2007).

Foi utilizada, no ensaio de cisalhamento direto, uma prensa de cisalhamento fabricada pela ELE Internatrional (Digital Shear Machine, 26-112-9901X0089). O equipamento operou com velocidade de deslocamento horizontal de 3,33 10^{-5} m s^{-1} e tensões normais de 194, 304, 415 e 526 kPa (Pires, 2007). A escolha dessas tensões normais foi definida por um ensaio em que foram obtidas a área do casco dos animais utilizados na pastagem (moldes de gesso) e o peso destes animais (balança digital). Para obter a tensão aplicada pelo animal no

solo, foi dividido o seu o peso pela área do casco, obtendo-se uma tensão média de 280 KPa.

A calibração do equipamento consistiu na colocação do braço de alavanca, em que são aplicadas as cargas verticais na horizontal com a finalidade de evitar possíveis variações angulares quando da aplicação das cargas e a calibração do anel dinamométrico. A constante do anel dinamométrico também foi aferida para diferentes cargas aplicadas, uma vez que esse valor influencia no cálculo e na correção da força horizontal aplicada na amostra de solo. Após a determinação da tensão cisalhante máxima e a tensão normal aplicada, as envoltórias de resistência foram traçadas, obtendo-se o intercepto de coesão e o ângulo de atrito interno do solo em cada sistema de manejo.

Deste ensaio, obtém-se as envoltórias de resistência, sendo possível calcular a coesão aparente do solo nos diferentes manejos. As comparações estatísticas entre as envoltórias de resistência foram realizadas segundo Snedecor & Cochran (1989), através do teste F.

Esse procedimento compara retas, duas a duas, através de seus coeficientes lineares e angulares. A razão para a realização deste estudo nas duas tensões de retenção de água reside no fato de que no manejo de irrigação a água realmente disponível para as plantas e economicamente viável está retida entre a tensão equivalente à capacidade de campo e a tensão de retenção de água no ponto crítico para a cultura. O solo em estudo é muito poroso, portanto, a irrigação é manejada até a umidade correspondente à tensão de 0,06 atm. Como ainda não se sabe o ponto crítico para gramíneas, como a forrageira da presente pesquisa, a tensão de retenção de água de 0,33 atm, uma condição de solo mais seco, é aqui admitida como a condição crítica no sistema de manejo de irrigação adotado. Assim, torna-se possível um estudo do comportamento da estrutura do solo na área irrigada quando submetida à aplicação de cargas pelo pisoteio animal.

A parte de descarte das amostras indeformadas oriunda das partes superior e inferior dos anéis de amostragem constituiu-se em amostras que foram utilizadas para uma caracterização prévia do solo, consistindo em análise granulométrica pelo método da pipeta (Day, 1965; Embrapa, 1997), com uso de dispersante químico (NaOH 1 mol L^{-1}). A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico (Blake & Hartge, 1986) e o teor de matéria orgânica foi determinado segundo metodologia proposta por Raij & Quaggio (1983).

Para obtenção da capacidade de campo e ponto de murcha do solo foram utilizadas as amostras indeformadas as quais foram saturadas em bandeja com água destilada por 48 horas, mantendo-se o nível d'água a 2/3 da sua altura. Completada a saturação, as amostras foram submetidas às tensões de 0,06 atm (capacidade de campo) e 15 atm (ponto de murcha permanente) no extrator de Richards (Embrapa, 1997). O mesmo procedimento foi adotado para a tensão de 0,33 atm cujas amostras de solo foram submetidas à tensão de 33 kPa.

O volume total de poros (VTP) foi calculado pela equação 1 abaixo. A microporosidade foi determinada pela umidade volumétrica das amostras indeformadas do solo retidas à tensão de 6 kPa (Oliveira, 1968). A macroporosidade foi determinada pela diferença entre o VTP e a microporosidade. *VTP* é o volume total de poros, em kg kg^{-1}; *Ds* é a densidade do solo e *Dp* é a densidade de partículas, ambas expressas em kg dm^{-3}.

$$VTP = \left(1 - \frac{Ds}{Dp}\right) \qquad \textbf{Eq. 1}$$

FATOR DE CORREÇÃO

No ensaio de cisalhamento direto, combinando-se as tensões normal e cisalhante, pode-se calcular a tensão resultante a qual é de grande importância neste estudo, pois combina as pressões impostas ao solo pelo próprio peso do animal e pelo seu deslocamento (Figura 1).

FIGURA 1 Esquema da distribuição de tensão no ensaio de cisalhamento direto.

O animal, ao se deslocar sobre o solo, imprime uma pressão combinada que gera, pelo solo, uma tensão resultante (Rocha, 2007). Dessa forma, calculou-se a tensão resultante em cada manejo e essa foi comparada com a tensão resultante da mata natural, na seguinte ordem: [Tensão resultante da mata (σrM)/Tensão resultante de cada manejo estudado (σr m)]. Essa relação recebeu o nome de fator de correção (Fc). Esse fator avalia a alteração estrutural do solo em relação à mata natural, ou seja, valores de Fc inferiores a 1 indicam uma alteração estrutural que pode significar compactação do solo, já que a mata natural pode ser considerada um tipo de uso do solo onde a estrutura original foi preservada.

O fator de correção pode ser utilizado para corrigir a taxa de lotação animal da pastagem em função de uma possível compactação, sendo: Taxa de

lotação corrigida = Taxa de lotação calculada x Fc. Vale ressaltar que essa correção se faz necessária, prevendo-se uma redução futura da oferta de forragem ocasionada pela compactação induzida do solo e até mesmo para justificar medidas de correção da compactação oriunda da subsolagem ou da escarificação.

Das envoltórias obtidas pelo ensaio de cisalhamento direto, calculou-se a tensão cisalhante para uma tensão normal de 450 kPa, o que, segundo Proffit et al. (1993) e Betteridge et al. (1999), é uma pressão freqüente aplicada pelo gado nos solos das pastagens.

Uma vez conhecidas as tensões normal e cisalhante, a tensão resultante foi calculada de acordo com o "Teorema de Pitágoras", em que: $\sigma r = \sqrt{\left(\tau^2 + \sigma n^2\right)}$ onde: σ r = Tensão resultante (kPa), τ = tensão cisalhante (kPa) e σn = tensão normal (kPa).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1 e 2 pode-se observar a caracterização físico-hídrica do solo estudado. Na Tabela 2 observa-se que os valores de VTP dos três solos são muito próximos. Vale ressaltar que os valores de VTP, obtidos para os solos sob pastagem irrigada, pastagem não irrigada e mata são superiores aos valores tidos como críticos para os solos, que é de 0,1 kg kg^{-1}. Moraes et al. (2002), em um estudo de avaliação da porosidade de um Latossolo Vermelho distroférrico, sob pastagem de *B. decumbens*, determinaram valores de macroporosidade abaixo de 0,15 kg kg^{-1}, sendo o solo considerado em processo de compactação. Nesse sentido, o presente trabalho relata resultados superiores, não caracterizando, portanto, uma compactação. No entanto, percebem-se valores decrescentes de macroporosidade da mata natural para as pastagens irrigada e não irrigada, indicando uma possível degradação da pastagem a longo prazo. Com base nos dados de Moraes et al. (2002), os valores de VTP encontrados para os diferentes sistemas de manejo e uso sugerem não haver compactação significativa. É importante ressaltar que a mata natural apresentou valores superiores da VTP em comparação aos manejos de pastagens irrigada e não irrigada. Diante disso, sugere-se existir um processo inicial de compactação; se o período estudado fosse superior aos oito ciclos de pastejo (Capítulo 2), provavelmente os valores de VTP seriam menores.

TABELA 1 Caracterização físico-hídrica e matéria orgânica do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd) sob diferentes usos e manejos na profundidade de 0 - 0,03 m

Manejos	Argila	Areia	Silte	MO	CC	PMP	Dp	Ds
	----------g kg^{-1} ----------				---- kg kg^{-1} ----		---- Mg m^{-3} ---	
Pip	280	620	100	16	0,26	0,16	2,64	1,35
Pnip	270	620	110	20	0,24	0,15	2,65	1,38
Mata	270	600	130	27	0,25	0,15	2,64	1,30

Pip: pastagem irrigada após o pisoteio animal; Pnip: pastagem não irrigada após o pisoteio animal; MO: matéria orgânica; CC: capacidade de campo [amostras submetidas ao potencial mátrico (ψ) de -6 kPa]; PMP: ponto de murcha permanente [amostras submetidas ao potencial mátrico (ψ) de -1500 kPa]; Dp: densidade de partículas; Ds: densidade do solo.

TABELA 2 Volume total de poros (VTP), macro e micro porosidade do Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd) sob diferentes usos e manejos na profundidade de 0 - 0,03 m

Manejos	VTP	Macro	Micro
	----------g kg^{-1} ----------		
Pip	0,49	0,23	0,26
Pnip	0,48	0,24	0,24
Mata	0,51	0,26	0,25

As envoltórias de resistência ao cisalhamento do LVAd submetido a diferentes manejos e usos, de amostras equilibradas na tensão de retenção de água de 0,06 atm, estão apresentadas na Figura 2. Pode-se observar que todas as retas apresentaram um alto coeficiente de determinação, que demonstra a boa precisão do modelo obtido.

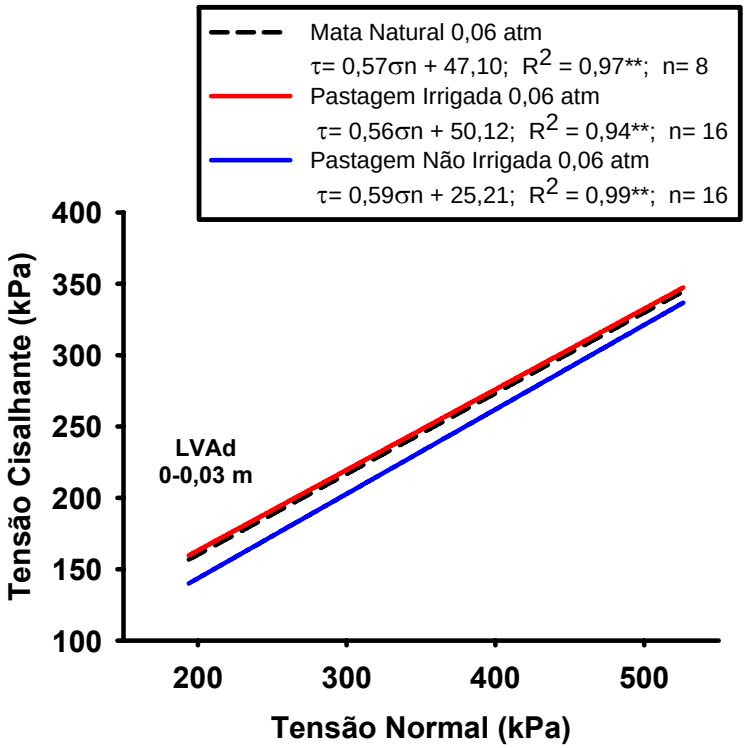


FIGURA 2 Envoltórias de resistência ao cisalhamento de um LVAd submetido a diferentes manejos, com amostras equilibradas a 0,06 atm.

Na Tabela 3 é apresentado o resumo da análise estatística das envoltórias de resistência ao cisalhamento do LVAd a 0,06 atm, nos diferentes manejos e usos.

TABELA 3 Teste de significância de acordo com Snedecor & Cochran (1989) (teste F) entre as envoltórias de resistência ao cisalhamento de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com amostras equilibradas a 0,06 atm

Manejo	**F**	**F**	
		Coeficiente angular, b	**Coeficiente linear, a**
Pastagem Irrigada vs Pastagem não Irrigada	**NH**	**ns**	******
Pastagem Irrigada vs Mata natural	**H**	**ns**	**ns**
Pastagem não Irrigada vs Mata natural	**NH**	**ns**	******

H = homogêneo; NH = Não Homogêneo; ns = não significativo;
** = significativo (P<0,01).

As envoltórias de resistência ao cisalhamento do LVAd para pastagem irrigada vs pastagem não irrigada diferiram estatisticamente entre si, assim como para pastagem não irrigada vs mata natural (Tabela 3). Para o manejo pastagem irrigada vs mata natural não houve diferença estatística, portanto, uma nova equação foi ajustada a todos os valores de tensões cisalhante e normal (Figura 3).

A análise estatística demonstrou que o ângulo de atrito interno não teve nenhuma influência na resistência do solo ao cisalhamento, ficando, assim, a coesão aparente à parcela da resistência responsável pela quantificação das possíveis alterações estruturais do solo.

Na Figura 3 são apresentadas as novas envoltórias de resistência ao cisalhamento das amostras equilibradas a 0,06 atm.

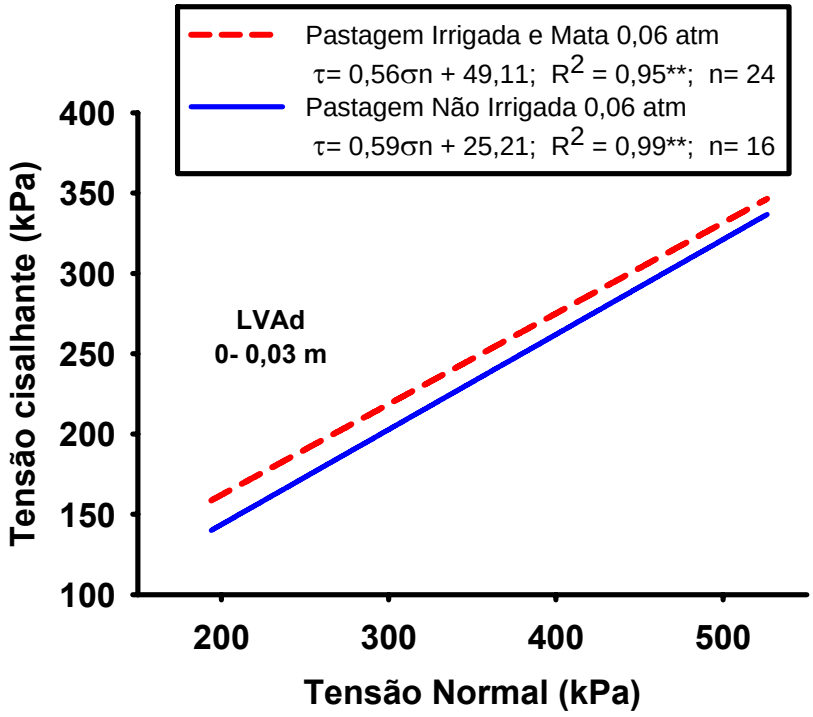


FIGURA 3 Envoltórias de resistência ao cisalhamento de um LVAd submetido a diferentes manejos, com amostras equilibradas a 0,06 atm.

São apresentados na Tabela 4 os valores de coesão aparente nos diferentes manejos de irrigação. Nota-se que na área irrigada ocorreu uma maior coesão aparente, comparada a da não irrigada, cujos valores foram estatisticamente diferentes (P<0,01). Tal fato é explicado pela maior umidade do solo no manejo irrigado (Tabela 1) pois, sendo a água um lubrificante das partículas do solo, quando ocorre a aplicação da força externa pelo pisoteio animal, a aproximação dessas partículas se dá de maneira mais acirrada (Rocha, 2007). Em geral, os solos mais compactados apresentam maior resistência ao cisalhamento (Azevedo, 1999), em razão da menor distância entre as partículas,

que confere, consequentemente, menor índice de vazios e um maior esforço, por exemplo, para preparar o solo.

TABELA 4 Resultados dos ensaios de cisalhamento direto com amostras submetidas à tensão de 0,06 atm

Manejos	**Ângulo de atrito interno (ϕ)**	**Coesão aparente (*c*) (kPa)**
Pastagem irrigada e mata natural	29,25	49,11
Pastagem não irrigada	30,54	25,21

O fato do solo sob pastagem não irrigada apresentar o menor valor de coesão aparente (Tabela 4) pode estar relacionado ao reflexo do preparo do solo, pois no estabelecimento da pastagem esse sofreu uma aração e três gradagens. Tal intensidade de preparo desagrega as partículas do solo, deixando-o mais solto e com menores valores de coesão aparente. Também, por ser o manejo não irrigado uma condição de solo mais seco, apresenta uma maior resistência mecânica à compactação, não permitindo que o pisoteio animal condicionasse uma acirrada aproximação das partículas do solo com significativo aumento da coesão aparente.

Para o solo sob pastagem irrigada, a maior umidade do solo (Tabela 1), após o pisoteio animal, pode ter favorecido uma maior aproximação das partículas do solo, refletindo no aumento da coesão aparente. Outro aspecto a ser lembrado é que em sistemas irrigados há uma manutenção constante da umidade do solo em níveis que favorecem a turgidez das plantas e melhoram a nutrição mineral das plantas, uma vez que a solução do solo está mais disponível e tudo isso condiciona um bom desenvolvimento radicular, que pode aumentar a resistência do solo ao cisalhamento. Também a maior quantidade de matéria

orgânica no solo sob mata (Tabela 1) contribuiu para o aumento no valor da coesão aparente. A matéria orgânica, além de seu efeito cimentante ajuda agregar as partículas do solo (Pires, 2007) e, também, é uma fonte de nutrientes para as plantas. Uma planta bem nutrida apresenta um bom desenvolvimento vegetativo e radicular (Malavolta, 1997). Um emaranhado de raízes aumenta a resistência do solo ao cisalhamento, detectada por maiores valores de coesão aparente (Rocha et al., 2002) (Tabela 4).

Pela Figura 2, observa-se que a coesão aparente do solo no manejo de pastagem irrigada é 50,12 kPa, coeficiente linear da equação, enquanto para o manejo de pastagem não irrigada esse valor é de 25,21 kPa. Não se pode separar aqui o efeito do sistema radicular do aumento da proximidade das partículas, mas, contudo, ambos apresentam sua parcela de contribuição, fato que pode ser comprovado pelo maior valor da microporosidade e menor da macroporosidade encontrados no sistema irrigado (Tabela 2). Por ser o mesmo solo, com o mesmo preparo inicial, um maior valor de microporos e menor de macroporos representam uma maior aproximação das partículas decorrente da umidade e do pisoteio animal.

Se a tensão de 0,06 atm é a adotada no manejo da irrigação desse solo (Pires, 2007), um cuidado muito especial deve ser tomado nas pastagens irrigadas em Latossolos, pois a umidade na capacidade de campo é muito próxima da umidade ótima para a compactação (Nunes et al. 2005). Assim, qualquer cultivo irrigado por aspersão nessas áreas, o tráfego de máquinas e o pisoteio animal podem gerar um processo progressivo de compactação.

Nos estudos de Pires (2007), na mesma área do presente trabalho, o valor de coesão aparente para a área irrigada, na tensão de retenção de água de 0,06 atm, foi de 34,73 kPa. Neste trabalho, o valor de coesão encontrado para o mesmo manejo foi superior (50,12 kPa). Isso demonstra um progressivo aumento dos valores de coesão aparente que podem, no futuro, condicionar a compactação

desse solo a níveis significativos. A Figura 4 apresenta as envoltórias de resistência ao cisalhamento de amostras equilibradas a 0,33 atm. Essas envoltórias representam a resistência ao cisalhamento do solo em uma condição mais seca. De modo geral, observa-se a mesma tendência para a pastagem irrigada e a mata natural, com maiores valores de coesão aparente quando comparados com a pastagem não irrigada (Figuras 2 e 4). A ordem de coesão aparente foi Pastagem irrigada > Mata natural > Pastagem não irrigada.

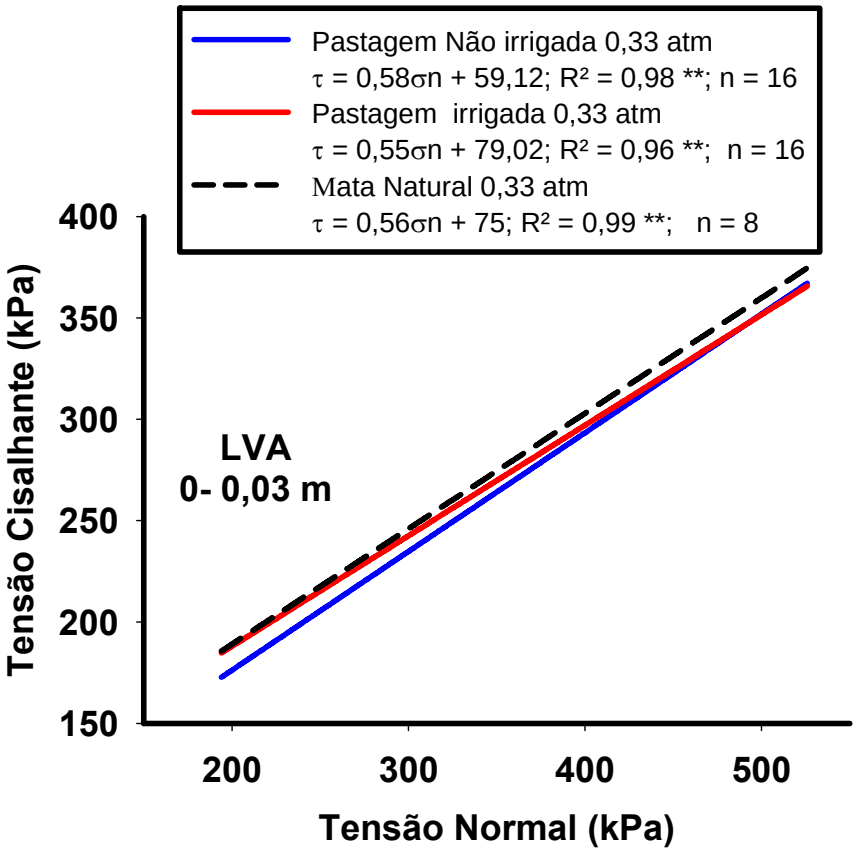


FIGURA 4 Envoltórias de resistência ao cisalhamento de um LVAd, submetido a diferentes manejos, com amostras equilibradas a 0,33 atm.

Após análise estatística, constatou-se que as retas não apresentaram diferença estatística entre si pelo método de Snedecor & Crochan (1989). Na Tabela 5 é apresentado o resumo dessa análise estatística. Assim, uma nova e única equação (Figura 5) foi ajustada a todos os valores de tensões normal e cisalhante.

TABELA 5 Teste de significância de acordo com Snedecor & Cochran (1989) (teste F) entre as envoltórias de resistência ao cisalhamento de um Latossolo Vermelho-Amarelo com amostras equilibradas a 0,33 atm

Manejo	**F**	**F**	
		Coeficiente angular, b	**Coeficiente linear, a**
Pastagem Irrigada vs Mata natural	**H**	**ns**	**ns**
Pastagem não Irrigada vs Mata natural	**H**	**ns**	**ns**
Pastagem Irrigada vs Pastagem não Irrigada	**H**	**ns**	**ns**

H = homogêneo; ns = não significativo.

A igualdade estatística, observada para as envoltórias de resistência, possivelmente, decorreu da umidade do solo, pois o mais seco torna-se mais resistente e as diferenças de resistência mecânica podem não ser detectadas pelos aparelhos e técnicas atualmente disponíveis, embora uma tendência em ser o manejo irrigado o de maior coesão tenha sido observada (Figura 3).

Da nova equação ajustada, comum aos manejos e usos estudados (Figura 5 e Tabela 6), obtém-se o ângulo de atrito interno de 29,68º e a coesão aparente de 71,15 kPa.

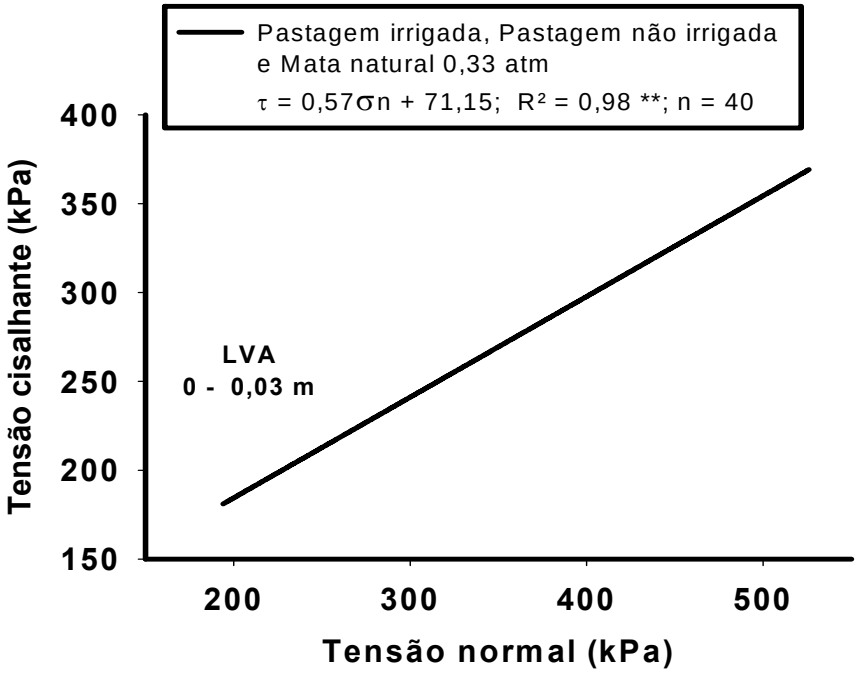


FIGURA 5 Envoltórias de resistência ao cisalhamento de um LVAd, submetido a diferentes manejos, com amostras equilibradas a 0,33 atm.

TABELA 6 Resultados do ensaio de cisalhamento direto com amostras submetidas à tensão de 0,33 atm

Manejos	**Ângulo de atrito interno (ϕ)**	**Coesão aparente (*c*) (kPa)**
Pastagens Irrigada e não Irrigada e Mata natural	29,68	71,15

Os valores da resistência do solo ao cisalhamento demonstram que, mesmo em áreas não irrigadas, um cuidado especial com a pressão aplicada ao solo em sistemas de manejo em pastagem deve ser tomado, pois no período chuvoso a umidade do solo é aumentada, o que, juntamente com o manejo, pode causar uma compactação adicional ao solo.

O manejo irrigado, embora não apresente diferenças estatísticas entre mata e pastagem não irrigada, apresentou o maior valor observado (79,02 kPa) (Figura 4), demonstrando, mais uma vez, ser o que requer maiores cuidados quanto à compactação.

FATOR DE CORREÇÃO (Fc)

Por ser este fator uma sugestão de correção da taxa de lotação em virtude da possibilidade de compactação do solo, na Tabela 7 são apresentados os valores de Fc para os diferentes manejos, nas tensões de retenção de água de 0,06 atm e 0,33 atm.

TABELA 7 Fator de correção (Fc) nos diferentes manejos (Pastagem Irrigada, PI e Pastagem Não Irrigada, PNI) e tensões de retenção de água

Manejo	FC (0,06 atm)	FC (0,33 atm)
PI	1,0015	1,0005
PNI	1,0132	1,0073

A mata natural, sendo considerada como referência, é o tipo de uso sem alteração provocada pelo . Espera-se que, na mesma classe de solo e na mesma tensão de retenção de água, os valores de Fc não sejam inferiores a 1, não indicando alteração estrutural do solo e, consequentemente, compactação. Na Tabela 7, nota-se que nenhum dos manejos apresentou valores de Fc inferiores a 1; contudo, os valores são muito próximos da unidade, que, de certa forma, podem indicar uma tendência na alteração estrutural do solo ao longo do tempo. Com o uso da irrigação, nesse experimento, os resultados encontrados inicialmente demonstram uma coesão aparente superior, o que leva a crer que a constância desse manejo possa alterar as condições de compactação. Esse valor, no entanto, quando usado para corrigir a taxa de lotação, indica que, nos dois manejos estudados, a taxa de lotação não necessita, nesse momento, de uma correção para prevenir uma possível compactação do solo. Do ponto de vista da Física do Solo, é possível aumentar a taxa de lotação; em termos zootécnicos, entretanto, isso fica impossível pelos resultados encontrados nas variáveis estudadas e apresentadas no Capítulo 2.

4 CONCLUSÕES

As envoltórias de resistência ao cisalhamento do LVAd na tensão de retenção de água de 0,06 atm para pastagem irrigada e mata natural não apresentaram diferença estatística, porém, apresentaram valor de coesão aparente superior ao da pastagem não irrigada.

Para a tensão de retenção de água de 0,06 atm, a coesão aparente foi responsável pelas possíveis alterações da estrutura do solo.

Na tensão de 0,33 atm não foram detectadas diferenças estatísticas na resistência ao cisalhamento entre a pastagem irrigada, pastagem não irrigada e mata natural.

Os fatores de correção calculados foram muito próximos de 1, valores que, no momento, não acusam nenhuma alteração estrutural significativa.

Os valores encontrados para os fatores de correção indicam uma possível compactação inicial que pode ser intensificada em períodos de manejos prolongados.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p.515-522, 2005.

AZEVEDO,M. A. A. **Contribuição ao estudo geotécnico de solos de Viçosa-MG**. 1999. 169p. Dissertação (Mestrado em Geotécnia)- Universidade Federal de Viçosa, MG.

BETTERIDGE, K.; MACKAY, A. D.; SHEPHEN, T. G.; BARKER,D.J.; BUDDING, P. J.; DEVANTIER, B. P.; COSTALL, D. A. Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. **Australian Journal of Soil Research,** Melbourne, v. 37, p.743 - 760, 1999.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A.;ALMEIDA, E. X.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes n´veis de ofertas de forragem de capim elefante anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.35, n.5, p. 1047-1054, 2000.

BLAKE,G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A.(Ed.).**Methods of soil analysis.** 2nd ed. Madisson: ASA, 1986. Part 1, p. 377-382. (Agronomy Monograf, 9).

CENTURION, J. F.; FREDDI, O. S.; ARATANI, R. G.; METZNER, A. F. M.; BEUTLER, A. N.; ANDRIOLI, I. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos Vermelhos. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, MG, v.31, p.199-209, 2007.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359p.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: ASA, 1965. n.1, pt. 1. p. 545-567. (ASA. Monografhy of Agronomy, 9).

DIAS JÚNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic.** 1994. 114p. Thesis (Ph.D. in Crop and Soil Science) - Michigan State University, Lansing, 1994.

DIAS JÚNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. Revisão de literature. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, n.2, p. 175-182, maio/ago. 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed., Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

GAGGERO, M. R.; TREIN,C. R.; IPPOLITI, G. Influência de sistemas de preparo e pastejo nas características físicas do solo. **Revista de Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.1, p.1-16, 2002.

IMHOFF, S.; PIIRES DA S. A.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C.A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 11-18, 2001.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 211-218, abr./jun. 1999.

LIMA, C. L. R. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada.** 2004, 70p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T. P. Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não-irrigado**.** **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28, p.945-951, 2004.

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

MORAES, M. F.; OLIVEIRA, G. C.; KLIEMANN, H. J.; SEVERIANO, E. C.; SARMENTO, P. H. L.; NASCIMENTO, M. O. Densidade e porosidade do solo como diagnóstico do estado de degradação de solos sob pastagens na região dos cerrados. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRADE, 2002. p. 256-258.

NUNES, A. H. B.; ROCHA, W. W.; CARVALHO, R. C.; SANTOS, F. J; SOARES, C.C.; PIRES, B. S. Umidade ótima de compactação e umidade correspondente à capacidade de campo de um latossolo vermelho amarelo em fase de formação de pastagem com brachiaria brizantha cv. Vitória. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7., ENCONTRO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 4., SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR, 2., SEMINÁRIO DE EXTENSÃO, 6., MOSTRA DE EXTENSÃO, 5., 2005, Diamantina. **Anais...** Diamantina: [s.n.], 2005.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. de S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291–299, fev. 2003.

OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; MELLO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um latossolo vermelho da microrregião de Goiânia, GO**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v.11, p.265-270, 2007.

OLIVEIRA, L. B. Determinação da macro e microporosidade pela "mesa de tensão" em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.3, p.197-200, 1968.

PIRES, B. S. **Compressibilidade e resistência ao cisalhamento de um latossolo sob diferentes manejos e intensidades de uso na região de Passos**,**MG.** 2007. 62 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RAIJ, B.van.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 16 p. (Circular, 63)

PROFFITT, A. P. B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M. R.; EASTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red– Brown earth. **Australian Journal of Agricutural Research,** Collingwood, v. 44, p. 317-331, 1993.

ROCHA, W.W. **Resistência ao cisalhamento e estabilidade de taludes de voçorocas em solos da região de Lavras, MG**. 2003. 101p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ROCHA, W. W.; BORGES, S. R.; VICTÓRIA, E. P.; NUNES, A. B. Resistência ao cisalhamento do solo do ponto de vista ambiental. In: ABREU, M. H. N. (Org.). **Ciências ambientais:** abordagem multidisciplinar. Belo Horizonte: UEMG, 2007.

ROCHA, W. W.; DIAS JÚNIOR, M. S.; LIMA, J. M. Resistência ao cisalhamento e grau de intemperismo de cinco solos da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, MG, v.26, n.2, p.297-303, abr./jun. 2002

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods.** 8.ed. Ames: State University, 1989. 503p.

TAYLOR, H. M. Managing root systems to reduce plant water deficits. In: MEHTA, Y. R. **The soil-root system in relation to Brazilian agriculture**. Londrina : IAPAR, 1981. p.45-60.

ANEXOS

		Página
Tabela 1A	Resumo da análise de variância da produção de matéria seca total (PMST) e consumo de matéria seca (CMS) de *B. brizantha* cv. MG-5 sob pastejo rotacionado em sistemas irrigado e não irrigado.....	112
Tabela 2A	Resumo da análise de variância do desdobramento da interação manejo x ciclo, estudando manejos dentro de ciclos e ciclos dentro de manejos.....	112
Tabela 3A	Resumo da análise de variância das variáveis FDN, FDA e PB de *B. brizantha* cv. MG-5 sob pastejo rotacionado em sistemas irrigado e não irrigado.....	113
Tabela 4A	Resumo da análise de variância do desdobramento da interação manejo x ciclo, estudando manejos dentro de ciclos e ciclos dentro de manejos.....	113
Tabela 5A	Resumo da análise de variância de ganho de peso (GP) de animais em pastagem de *B. brizantha* cv. MG-5 em sistemas irrigado e não irrigado.....	114
Tabela 6A	Resumo da análise de variância do desdobramento da interação manejo x ciclo, estudando manejos dentro de ciclos e ciclos dentro de manejos.....	114
Tabela 7A	Resumo da análise de variância de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) de *B. brizantha* cv. MG-5 sob pastejo rotacionado em sistemas irrigado e não irrigado.....	115

Tabela 8A Resumo da análise de variância de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) de *B. brizantha* cv. MG-5 sob pastejo rotacionado em sistemas irrigado e não irrigado..... 115

Tabela 9A Resumo da análise de variância do desdobramento da interação manejo x ciclo, estudando manejos dentro de ciclos e ciclos dentro de manejos, de cálcio (Ca), enxofre (S), cobre (Cu) e ferro (Fe)..... 116

TABELA 1A Resumo da análise de variância da produção de matéria seca total (PMST) e consumo de matéria seca (CMS) de *B. brizantha* cv. MG-5 sob pastejo rotacionado em sistemas irrigado e não irrigado

Fontes de variação	**GL**	**Quadrados médios**	
		PMST	**CMS**
Manejo(M)	1	74355459,94**	48,62**
Erro 1	30	2705126,15	5,90
Ciclo(C)	7	58489179,75**	90,75**
M x C	7	16687355,31**	12,40
Erro 2	210	1861297,17	6,10
Total	255		
Média geral		4699,71	3,63
CV 1 (%)		35,00	66,83
CV 2 (%)		29,03	67,90

(**) Significativo ao nível de probabilidade de 1%, pelo teste F.

TABELA 2A Resumo da análise de variância do desdobramento da interação manejo x ciclo, estudando manejos dentro de ciclos e ciclos dentro de manejos

Fontes de variação		**GL**	**Quadrados médios**
			PMST
Ciclos	1	1	99895684,79**
Ciclos	2	1	21602197,36**
Ciclos	3	1	51070696,39 **
Ciclos	4	1	15651816,67 **
Ciclos	5	1	358116,07
Ciclos	6	1	704980,16
Ciclos	7	1	1822422,08
Ciclos	8	1	61023,58
Erro		235	1966775,79
Manejo	1	7	8169331,74**
Manejo	2	7	67007203,32**
Erro		210	1861297,17

(**) Significativo ao nível de probabilidade de 1%, pelo teste F.

TABELA 3A Resumo da análise de variância das variáveis FDN, FDA e PB de *B. brizantha* cv. MG-5 sob pastejo rotacionado em sistemas irrigado e não irrigado

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		FDN	FDA	PB
Manejo(M)	1	136,729172**	220,225600**	44,797922**
Erro 1	30	8,473013	8,803735	1,438050
Ciclo(C)	7	532,125782**	569,891410**	82,112026**
M x C	7	16,507588**	10,845973	2,514995**
Erro 2	210	4,225786	5,661891	0,612954
Total	255			
Média geral		77,05	45,18	4,88
CV 1 (%)		3,78	6,57	24,56
CV 2 (%)		2,67	5,27	16,04

(**) Significativo ao nível de probabilidade de 1%, pelo teste F.

TABELA 4A Resumo da análise de variância do desdobramento da interação manejo x ciclo, estudando manejos dentro de ciclos e ciclos dentro de manejos

Fontes de variação		GL	Quadrados médios	
			FDN	PB
Ciclos	1	1	17,36	0,01
Ciclos	2	1	50,47**	0,19
Ciclos	3	1	58,26**	26,46**
Ciclos	4	1	23,42*	6,417**
Ciclos	5	1	46,44**	4,93**
Ciclos	6	1	38,21**	10,86**
Ciclos	7	1	8,40	5,62**
Ciclos	8	1	9,69	7,89**
Erro		221	4,75	0,71
Manejo	1	7	305,31**	47,37**
Manejo	2	7	243,32**	37,25**
Erro		210	4,22	0,61

(*), (**) Significativo aos níveis de probabilidade de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 5A Resumo da análise de variância de ganho de peso (GP) de animais em pastagem de *B. brizantha* cv. MG-5 em sistemas irrigado e não irrigado

Fontes de variação	GL	Quadrados médios GP
Manejo(M)	1	0,230979
Erro 1	26	0,136877
Ciclo(C)	7	1,211460**
M x C	7	1,025712**
Erro 2	182	0,129296
Total	223	
Média geral		0,4317
CV 1 (%)		85,70
CV 2 (%)		83,29

(**) Significativo ao nível de probabilidade de 1%, pelo teste F.

TABELA 6A Resumo da análise de variância do desdobramento da interação manejo x ciclo, estudando manejos dentro de ciclos e ciclos dentro de manejos

Fontes de variação		GL	Quadrados médios GP
Ciclos	1	1	0,05
Ciclos	2	1	0,00
Ciclos	3	1	0,06
Ciclos	4	1	0,05
Ciclos	5	1	1,10**
Ciclos	6	1	5,41**
Ciclos	7	1	0,18
Ciclos	8	1	0,53
Erro		208	0,13
Manejo	1	7	1,04**
Manejo	2	7	1,19**
Erro		182	0,13

(**) Significativo ao nível de probabilidade de 1%, pelo teste F.

TABELA 7A Resumo da análise de variância de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) de *B. brizantha* cv. MG-5 sob pastejo rotacionado em sistemas irrigado e não irrigado

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		P	K	Ca	Mg	S
Manejo(M)	1	0,1454	6,0183	3,3240**	2,1710**	0,7337**
Erro 1	30	0,0956	7,7183**	0,2160	0,1502	0,0349
Ciclo(C)	3	0,1142	257,078**	2,1455**	0,6686**	0,9209**
M x C	3	0,0413	8,9965	1,1273**	0,0362	0,1330*
Erro 2	90	0,0467	3,7888	0,1853	0,0989	0,0279
Total	127					
Média geral		0,6813	11,6956	1,9896	1,8865	0,3230
CV 1 (%)		45,40	23,75	23,36	20,54	57,85
CV 2 (%)		31,71	16,64	21,63	16,68	51,75

(*), (**) Significativo aos níveis de probabilidade de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 8A Resumo da análise de variância de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) de *B. brizantha* cv. MG-5 sob pastejo rotacionado em sistemas irrigado e não irrigado

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		Cu	Fe	Mn	Zn
Manejo(M)	1	11,6403*	62216,2813**	59728,3203**	1874,2503**
Erro 1	30	1,6711	2270,5573	3339,6057	63,4178
Ciclo(C)	3	1,4903	34678,6875**	31954,5495**	773,6670**
M x C	3	6,0320**	5358,5521*	473,9036	147,2253
Erro 2	90	1,2967	1651,0531	1794,1655	62,1384
Total	127				
Média geral		4,2391	122,8125	200,1328	24,9359
CV 1 (%)		30,50	38,80	28,88	31,94
CV 2 (%)		26,86	33,09	21,16	31,61

(*), (**) Significativo aos níveis de probabilidade de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

TABELA 9A Resumo da análise de variância do desdobramento da interação manejo x ciclo, estudando manejos dentro de ciclos e ciclos dentro de manejos, de cálcio (Ca), enxofre (S), cobre (Cu) e ferro (Fe)

Fontes de variação		**GL**	**Quadrados médios**			
			Ca	**S**	**Cu**	**Fe**
Ciclos	1	1	6,2014**	0,3998**	8,6113*	33995,2813**
Ciclos	2	1	0,3403	0,0069	2,00	4255,0313
Ciclos	3	1	0,0882	0,7092**	18,00**	36720,50**
Ciclos	4	1	0,0760	0,0265	1,1250	3321,13
Erro		113	0,1891	0,0288	1,3435	1,728,4911
manejo	1	3	1,7373**	0,4873**	4,6473*	16066,057**
manejo	2	3	1,5355**	0,5666**	2,8750	23971,1823**
Erro		90	0,1853	0,0279	1,296	1651,0531

(*), (**) Significativo aos níveis de probabilidade de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo