



CRISTINA CÉLIA KRAWULSKI

**PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO NO ARENITO
CAIUÁ, PARANÁ**

Londrina
2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CRISTINA CÉLIA KRAWULSKI

PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO NO ARENITO

CAIUÁ, PARANÁ

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Cristiane de Conti Medina

**Londrina
2006**

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

K919p Krawulski, Cristina Célia.
Produção de leite a pasto no arenito Caiuá, Paraná / Cristina Célia
Krawulski. – Londrina, 2006.
129f. : il.

Orientador : Cristiane de Conti Medina.
Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de
Londrina, 2006.
Inclui bibliografia.

1. Solos – Compactação – Teses. 2. Produção de leite – Teses.
3. Pastagens – Teses. I. Medina, Cristiane de Conti. II. Universidade
Estadual de Londrina. III. Título.

CDU 631.43

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Cristiane de Conti Medina

Prof. Dr. Ricardo Ralisch

Prof. Dr. Osvaldo Calzavara
Professor Aposentado da UEL
Assessor Técnico da FAPEAGRO

Prof.^a Dr.^a Catarina Maria de Souza Thimóteo
Escola Superior de Agricultura de Paraguaçu Paulista
Fundação Gammon de Ensino

Dr. Leovegildo Lopes de Matos
EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite

Londrina, 31 de agosto de 2006.

A Deus, por ser meu alicerce. À minha filha
Olívia, presença Dele em minha vida. Ao
Paulo, companheiro certo nas minhas
incertezas. Aos meus pais, Paulina e Luiz,
eternos incentivadores,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

“Tudo o que acontece, acontece por uma razão”.
(Gabriel José García Marquéz)

A Deus, pela graça da vida e por permitir que coisas boas aconteçam comigo.

À Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade oferecida para a realização do curso de Doutorado.

À Professora Dr.^a. Cristiane de Conti Medina, pela orientação e compreensão.

Aos professores M.Sc. Mateus Carvalho Basílio de Azevedo, Dr. Marco Antônio Nogueira e Dr.^a Inês Cristina de Batista Fonseca, pelo apoio na reta final.

Aos demais professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, por compartilhar seus conhecimentos.

À EMATER, atual Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, pela oportunidade.

Aos senhores José Panício Sobrinho e Fábio Menoli Panício, pela cessão do Sítio Santa Rita de Cássia como área experimental.

Aos colegas de curso, pela convivência e amizade.

Aos alunos de graduação do curso de Agronomia, Alexandre Antônio Trevisan, Edgar Oshiro, Kleyton Silveira, Luiz Gustavo Mantoani, Paulo Vicente Contador Zaccheo, e aos alunos estagiários e funcionário do Laboratório de Ecologia Microbiana/Departamento de Microbiologia/CCB, Cristiane Alcântara dos Santos, Tadeu Goulart Filho, Cícera Maria Gonçalves de Castro e Márcio Ferreira da Cruz, pelo auxílio na execução dos trabalhos de campo e laboratório.

Ao Reginaldo Bernardes, o Nino, tratorista da APROJAG - Associação dos Produtores Rurais de Jaguapitã, pelo sorriso constante e auxílio na execução dos trabalhos de campo.

Ao Dr. Leovegildo Lopes de Matos, o amigo Léo, pelo auxílio nas coletas de pastagem e em tantas outras atividades, pela amizade.

À minha família, por continuar me amando apesar das minhas ausências, e em especial à mana Edite, conselheira e incentivadora nas horas de desânimo, um exemplo a ser seguido.

A todas as pessoas que, de alguma forma, colaboraram comigo para a realização do curso,

OBRIGADA!

**“Eu sou a videira, vós os ramos.
Quem permanece em Mim, e Eu, nele,
Esse dá muito fruto,
Porque, sem Mim, nada podeis fazer”.**

(João, 15,5)

RESUMO

A pecuária bovina, praticada em todo o território nacional para produção de carne e leite, tem nas pastagens perenes tropicais a base da alimentação do rebanho, em criação predominantemente extensiva, com baixas produções de biomassa forrageira, em extensas áreas degradadas. Tem sido crescente a demanda por sistemas intensivos de pastejo, visando diminuir os custos de produção, a curto prazo, e recuperar a fertilidade do solo, a médio e longo prazos. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar algumas variáveis de um sistema de produção de leite a pasto, no município de Jaguapitã, PR, constituído de *Panicum maximum* Jacq cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia, sob pastejo intensivo rotacionado. Avaliou-se a resistência do solo à penetração, com um penetrômetro de impacto, em junho e novembro de 2004, junho de 2005 e janeiro de 2006. O preparo do solo, efetuado previamente à implantação das pastagens, foi ineficiente para reduzir a resistência do solo a valores inferiores a 2,0 MPa na profundidade de 0,00-0,20 m, e o pisoteio dos animais no pastejo intensivo rotacionado foi insuficiente para provocar aumento da resistência do solo à penetração. As raízes finas predominaram nos tratamentos e profundidades avaliados (59,82 a 94,63% das raízes totais), e os maiores percentuais de raízes grossas (33,10 e 40,18%) foram verificados na cultivar Mombaça. A profundidade efetiva das raízes foi encontrada a 0,20 m, que concentrou de 89,19 a 93,09% das raízes totais das plantas forrageiras avaliadas. A cultivar Mombaça apresentou a maior produção de matéria seca (126,78 t ha⁻¹), seguida pela Tanzânia (110,38 t) e pela Massai (87,04 t), concentrada na época das águas (67,55 a 75,45%). A maior produção de leite foi obtida com a cultivar Tanzânia (34.925 kg ha ano⁻¹), possivelmente devido ao maior teor de proteína bruta e menor de fibra bruta, estimados em sua matéria seca, que podem ter resultado na maior produtividade dos animais (11,57 kg leite vaca dia⁻¹) e na maior lotação por área (8,4 vacas ha⁻¹), nesta cultivar, enquanto a Massai apresentou a menor qualidade nutricional.

Palavras-chave: compactação do solo, manejo do solo, pastagem, pisoteio animal, pastejo, produção de leite, Arenito.

ABSTRACT

Cattle raised for beef and dairy purposes all over the Brazilian territory are managed predominantly in extensive grazing systems. Feeding is based on perennial tropical pastures, mostly with low biomass availability due to some degree of degradability. Demand for information on intensive grazing systems has increased in a search for means to decrease production costs, in a short run, and consequent recover of soil fertility at medium and long run. The objective of the present study was to evaluate some variable conditions of a pasture of *Panicum maximum* Jacq., Massai, Mombaça and Tanzania cultivars managed intensively on a rotational grazing system in a farm located near Jaguapitã, in the State of Parana, Brazil. Soil resistance to penetration, using a penetrometer, was evaluated in June, 2004; November of 2005; and in January, 2006. Soil preparation done before the implantation of the pastures with the three cultivars were not effective to reduce soil resistance to values below 2.0 MPa, at 0 to 20 cm deep, and animal grazing on this area was not sufficient to cause any increase in soil resistance to penetration. In a nearby degraded pasture of *Brachiaria brizantha* Stapf showed values higher than 4.0 MPa, with a tendency to increase during the course of the experiment, which resulted in a lower biomass production of total roots (4,941.88 Mg.cm⁻³) in comparison to Tanzania (7,781.57 Mg.cm⁻³), Massai (8,854.97 Mg.cm⁻³), and Mombaça (11,837.09 Mg.cm⁻³) cultivars evaluated by the Auger Method. Fine roots were predominant on all treatments and soil depths evaluated (59.82 to 94.63% of total roots). Higher proportions of thicker roots (33.10% and 40.18%) were found on areas cultivated with Mombaça. The effective root depth was found at 0.20 m, with 89.19 to 93.09% of total roots of the grasses. Mombaça showed higher dry matter production (126.78 ton.ha⁻¹) than Tanzania (110.38 ton DM.ha⁻¹), which was higher than Massai (87.04 ton DM.ha⁻¹), 67.55% with 51.55% total at the organic matter biomass production

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	08
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Resistência do Solo à Penetração	14
2.2 Desenvolvimento de Raízes	20
2.3 Biomassa de Forragem	28
2.4 Referências Bibliográficas	36
3. ARTIGO: RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TEXTURA ARENOSA SOB PASTEJO INTENSIVO ROTACIONADO EM <i>Panicum maximum</i> Jacq. CULTIVARES MASSAI, MOMBAÇA E TANZÂNIA	50
3.1 Resumo	50
3.2 Abstract	51
3.3 Introdução	52
3.4 Material e Métodos	54
3.5 Resultados e Discussão	58
3.6 Conclusões	69
3.7 Referências Bibliográficas	69
4. ARTIGO: BIOMASSA RADICULAR DE <i>Panicum maximum</i> Jacq. CULTIVARES MASSAI, MOMBAÇA E TANZÂNIA SOB PASTEJO INTENSIVO ROTACIONADO E RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TEXTURA ARENOSA	75
4.1 Resumo	75
4.2 Abstract	76

4.3 Introdução	77
4.4 Material e Métodos	79
4.5 Resultados e Discussão	83
4.6 Conclusões	91
4.7 Referências Bibliográficas	91
5. ARTIGO: BIOMASSA FORRAGEIRA DE <i>Panicum maximum</i> Jacq. CULTIVARES MASSAI, MOMBAÇA E TANZÂNIA E PRODUÇÃO DE LEITE SOB PASTEJO INTENSIVO ROTACIONADO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TEXTURA ARENOSA	98
5.1 Resumo	98
5.2 Abstract	99
5.3 Introdução	100
5.4 Material e Métodos	103
5.5 Resultados e Discussão	107
5.6 Conclusões	116
5.7 Referências Bibliográficas	117
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
7. ANEXOS	125
7.1 Anexo A: Croqui da área experimental	125
7.2 Anexo B: Fotos de raízes de <i>Panicum maximum</i> Jacq. cv. Tanzânia	126
7.3 Anexo C: Teses, Teses, Teses...	128

1. INTRODUÇÃO

*Onde está a sabedoria que perdemos no conhecimento?
Onde está o conhecimento que perdemos na informação?*
(T. S. Eliot, 1888-1965)

O Brasil possui o maior rebanho comercial mundial de bovinos, com 161 milhões de cabeças e produção de, aproximadamente, 7 milhões de toneladas de equivalente carcaça ao ano, sendo a pecuária praticada em todo o território nacional, para produção de carne e leite. A pecuária leiteira se faz presente em mais de 1 milhão de propriedades rurais e, somente na produção primária, gera acima de 3 milhões de empregos e agrega mais de R\$ 6 bilhões ao valor da produção agropecuária nacional, o que lhe confere grande importância econômica e social, com produção atual de cerca de 24 bilhões de litros de leite ao ano.

Por possuir seu território quase todo situado na região tropical, o Brasil apresenta ótimo potencial para produção de forragens, pelas condições favoráveis de temperatura e luminosidade. A produção animal em pastagens surge como grande alternativa, por manter o animal em seu *habitat*, portanto, sem comprometer seu bem estar e por basear os sistemas de produção em uma alimentação de baixo custo.

No Estado do Paraná, 36% dos solos são ocupados com pastagens, principalmente, no Arenito Caiuá, que abrange 107 municípios das regiões Norte e Noroeste, com 3,2 milhões de hectares ou 16% da área territorial do Estado. Os Latossolos representam 65% desta área, da qual mais de 70% mantida com pastagens, que abrigam 41% do rebanho bovino estadual, o equivalente a 3,5 milhões de cabeças em criação predominantemente extensiva. No município de Jaguapitã, 60% dos 47.800 hectares de sua área geográfica são utilizados com pastagens perenes, a base da alimentação de 35.000 cabeças bovinas, de corte e de leite.

A utilização do conceito tradicional de fertilidade, definida apenas em termos dos teores de nutrientes minerais e das relações dos mesmos entre si, tem levado a

pecuária do Arenito a gerar extensas áreas de pastagem degradada, com produções baixíssimas de biomassa forrageira, de 2 a 4 t MS ha⁻¹, comprometendo os índices zootécnicos do rebanho e a lotação animal, cuja média é inferior a 1,5 UA ha⁻¹ (UA = unidade animal = 450 kg de peso vivo), quando já foi de 2,5 a 3,0.

Por conta da importância da pecuária para o Estado, sejam no aspecto econômico ou no aspecto de extensão geográfica da atividade, pesquisas em produção animal, principalmente no Arenito, têm sido demandadas, destacando-se o teste e a validação de cultivares forrageiras, acompanhados da definição de práticas adequadas de manejo e tratos culturais, envolvendo as diferentes estações do ano.

Quando se trata de produção de leite a pasto e dos efeitos da mesma sobre a qualidade dos solos do Arenito Caiuá, as palavras escritas pelo poeta inglês continuam atuais: onde está o conhecimento gerado? Por que este conhecimento não está sendo utilizado para reverter situações de degradação das pastagens e do solo (Figuras 1.1 e 1.2).



Figura 1.1 Aspectos de degradação do solo no município de Jaguapitã, PR.

A maioria dos solos utilizados para produção de forragem, seja para corte ou pastejo, se encontra com algum nível de degradação. As conseqüências são as baixas produtividades de animais e demais fatores dos sistemas de produção de leite aí existentes, que, acrescidas ao fato de que os preços recebidos pelos produtores apresentam tendência histórica de queda, com perspectivas futuras de continuidade, podem comprometer a sustentabilidade dos sistemas de produção animal do Arenito.



Figura 1.2. Aspectos de uma pastagem degradada no município de Jaguapitã, PR.

Poderão alcançar a sustentabilidade necessária para permanência na atividade aqueles produtores que adotarem tecnologias adequadas. A utilização de pastagens pode reduzir os custos de produção de leite, no curto prazo, principalmente por diminuir os dispêndios com alimentos concentrados, com combustíveis e com mão-de-obra. Assim, tem sido crescente a demanda por sistemas intensivos de pastejo, cujo conceito-chave é a substituição de combustível, máquinas e equipamentos pelos animais, no processo de colheita da forragem. Nos médio e longo prazos, contudo, espera-se recuperar a fertilidade do solo,

conceituada como *a capacidade de um ecossistema gerar vida de forma sustentável, medida usualmente em termos de produção de biomassa*. Entendida desta forma, a fertilidade deixa de ser um atributo apenas do solo e passa para a esfera do ecossistema. O foco se amplia da camada superficial do solo para todo o perfil onde as plantas se desenvolvem, envolvendo desde as raízes mais profundas até o topo das plantas, incluída aí a atmosfera, visto que algumas plantas possuem mecanismos que a tornam capazes de obter nutrientes a partir da mesma, sendo a fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico o exemplo clássico.

Neste contexto, se insere a produção de leite a pasto (Figura 1.3), voltada a tirar proveito do grande potencial produtivo das gramíneas tropicais, plantas C₄ eficientes no processo fotossintético, que acumulam rapidamente grandes quantidades de biomassa. Porém, esse rápido crescimento vem acompanhado de rápido amadurecimento, com queda precoce do valor nutritivo da forragem produzida. Assim, precisam ser manejadas de modo a permitir que os animais selecionem sua dieta com valor nutritivo adequado, com pastejos freqüentes.



Figura 1.3. Vacas mestiças sobre pastagem de *Panicum maximum* Jacq. Jaguapitã, PR.

Através do sistema radicular, as plantas são a principal força propulsora da qualidade do solo. Pelo processo da fotossíntese, utilizam energia solar, gás carbônico da atmosfera, água e nutrientes do solo para produzir os compostos orgânicos primários existentes na Terra. Tais compostos são distribuídos entre as partes acima (biomassa aérea) e abaixo do solo (raízes e exsudatos). Os exsudatos, junto com o tecido radicular, são transferidos diretamente para a matriz do solo, constituindo-se em fonte de energia dos organismos heterotróficos, liberando subprodutos de diversos graus de complexidade molecular, que se associam aos minerais do solo, formam agregados estáveis em água e passam a constituir a matéria orgânica do solo.

Uma vez que a pastagem é a base da alimentação dos bovinos, torna-se importante conhecer sua qualidade em termos de composição, quantidades e digestibilidade de seus nutrientes disponíveis para o animal, para que seja possível definir patamares de produção e formular suplementos, que atendam às exigências de cada categoria e o desempenho animal. Ao mesmo tempo, essa pastagem é produzida num processo interativo com o solo, cujas relações precisam ser mais bem conhecidas para orientar práticas de manejo para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis, que incluam o uso dos recursos naturais - solo, água e ar -, de forma a atender as atuais necessidades sem comprometer o bem das gerações futuras. Nesta definição, está implícita a idéia de que, em um sistema agrícola sustentável, a qualidade do solo deve ser melhorada ao longo do tempo de seu uso.

A resistência do solo à penetração, bem como sua relação com a densidade e a umidade do solo, têm sido estudadas, normalmente, sob condições controladas, em laboratórios. Informações sobre a resistência do solo à penetração e suas relações com a densidade, a umidade do solo, a matéria orgânica e a textura são escassas para os solos tropicais, sob condições de campo.

Diante dessas considerações, o presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento de uma pastagem de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia, sob pastejo intensivo rotacionado. O trabalho é apresentado na forma de artigos científicos, a saber:

- Artigo 1: Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa sob pastejo intensivo rotacionado em *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia.

- Artigo 2: Biomassa radicular de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia sob pastejo intensivo rotacionado e resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa.

- Artigo 3: Biomassa forrageira de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia e produção de leite sob pastejo intensivo rotacionado em Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa.

Antecedendo a apresentação dos referidos artigos, encontram-se uma Introdução e uma Revisão de Literatura de caráter geral.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resistência do Solo à Penetração

A compactação é um processo que causa redução no volume do solo, e pode ser consequência tanto da aplicação de pressão externa sobre o solo, como do rearranjo de suas partículas, através da desagregação da estrutura do solo, quando partículas de diferentes diâmetros podem obstruir os poros, resultando em aumento na sua densidade (Dexter, 1988; Chanasyk e Naeth, 1995; Azenegashe et al., 1997), alterações na porosidade e na distribuição dos tamanhos dos poros (Willatt e Pullar, 1983; Dexter, 1988), redução da infiltração (Unger e McCalla, 1980) e aumento na resistência do solo, comprometendo o desenvolvimento das raízes (Murphy et al., 1995) e da parte aérea (Passioura, 1991), em todas as situações comprometendo a qualidade física do solo.

Muitos trabalhos confirmam a importância de se avaliar as condições físicas do solo, visto que as raízes parecem dispor de mecanismos de detecção destas condições, enviando sinais à parte aérea, que controla o crescimento e a expansão foliar (Masle e Passioura, 1987; Davies e Zhang, 1991). Em solos compactados e sob secamento, esta inibição está associada ao aumento da resistência do solo, resultando em maior efeito inibitório na parte aérea da planta do que no sistema radicular (Passioura e Gardner, 1990).

O solo, portanto, pode limitar o crescimento das plantas pela capacidade de supri-las com nutrientes, água e oxigênio. Há uma tendência em associar a degradação das pastagens, exclusivamente, com o esgotamento da fertilidade do solo. No entanto, atributos físicos favoráveis ao crescimento do sistema radicular são necessários para a obtenção e a manutenção de produtividades elevadas. Portanto, um solo com qualidade física ideal para o crescimento de plantas, deve ter estrutura que possibilite uma grande área de contato entre as

raízes e o solo, suficiente espaço poroso contínuo para o movimento de água e gases e baixa resistência à penetração de raízes (Silva et al., 1999). Neste contexto, a compactação causada pelo pisoteio dos animais contribui para reduzir a produtividade e a longevidade das pastagens (Imhoff et al., 2000).

O estudo das alterações de propriedades físicas indicadoras da qualidade física do solo, como a densidade do solo, a porosidade, o conteúdo de água e a resistência à compactação devido ao uso e manejo dos solos, é importante na escolha do sistema de preparo mais adequado ao desenvolvimento das culturas. De modo geral, o manejo inadequado dos solos provoca aumento na resistência do solo à penetração e diminuição no conteúdo de água disponível às plantas.

A determinação da qualidade física dos solos cultivados pode ser feita por diversos parâmetros, entre os quais a agregação, a densidade e a resistência do solo à penetração, uma das propriedades que exprime o grau de compactação e, portanto, a facilidade de penetração das raízes no solo, podendo ser estimada através da penetrometria. A avaliação da resistência do solo à penetração com o penetrômetro de impacto é uma das maneiras mais simples e práticas de se identificar as reais condições do solo quanto à compactação, em função do manejo utilizado (Benghough e Mullins, 1990; Cordeiro et al., 1998).

O uso racional das práticas de manejo que contribuam para minimizar os efeitos adversos da resistência do solo à penetração depende de um melhor conhecimento e entendimento dos níveis críticos de resistência responsáveis pelo impedimento mecânico ao crescimento de raízes e dos fatores do solo que influenciam o mesmo (Gerard et al., 1982). A resistência à penetração está relacionada com diversas propriedades físicas indicadoras da qualidade física do solo, sendo que, juntamente com a retenção de água e a aeração,

influenciam diretamente o crescimento das plantas e traduzem o grau de compactação e, conseqüentemente, a facilidade ou não de penetração das raízes (Letey, 1985).

Os resultados obtidos com a penetrometria oferecem os valores da resistência do solo à penetração em diferentes profundidades, auxiliando na identificação de camadas de solo revolvidas ou compactadas em diferentes sistemas de manejo (Cordeiro et al., 1998; Prado et al., 2002). Essas informações podem auxiliar no planejamento de tecnologias de manejo do solo e de cultivo nos estabelecimentos agropecuários, envolvendo a seleção de máquinas e implementos de preparo do solo; a escolha da profundidade de trabalho; a seleção e o manejo de espécies que irão compor os sistemas de produção.

A densidade e a umidade do solo são variáveis importantes para quantificar a resistência do solo à penetração, sendo importante que a coleta de dados com o penetrômetro de impacto seja feita com o controle da umidade, pois os efeitos de sistemas de manejo sobre a resistência do solo à penetração podem ser confundidos devido à influência do conteúdo de água no solo no momento da coleta (Chancellor, 1977; Klein et al., 1998). Pesquisas recomendam que a resistência do solo à penetração seja avaliada em solos com umidade próxima à capacidade de campo, quando as relações desta com a densidade do solo e o crescimento radicular são mais significativas (Bauder et al., 1981; Herderson, 1989).

De forma geral, o conteúdo de água no solo influi inversamente na resistência do solo à penetração (Silva et al., 1994; Tormena et al., 1999). Porém, a maioria dos trabalhos obtém essa relação em condições de laboratório, com modelos ajustados, que desconsideram o efeito da evidente variabilidade dessas propriedades físicas do solo em condições de campo.

A textura e a matéria orgânica do solo também influenciam a resistência do solo à penetração (Gerard et al., 1982), mas são escassos os trabalhos com solos tropicais que consideram os efeitos da matéria orgânica e da textura nas relações entre resistência do solo à

penetração, densidade e umidade em condições de campo (Ribon, 2004), e ainda mais raros em solos do Arenito Caiuá.

Tormena e Roloff (1996) constataram ser a resistência à penetração um parâmetro adequado para avaliar os efeitos de sistemas de preparo em um Latossolo Vermelho Escuro argiloso sob plantio direto, refletindo de maneira sensível as alterações ocorridas na estrutura do solo.

Para Imhoff et al. (2000), trabalhando em uma Terra Roxa Estruturada sob pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) em sistema de pastejo intensivo rotacionado, a determinação da curva de resistência do solo foi um parâmetro útil para avaliar a qualidade física do solo, permitindo identificar áreas potencialmente limitantes ao crescimento das raízes e estabelecer a umidade e a densidade do solo críticas ao desenvolvimento das plantas.

A resistência do solo à penetração é uma propriedade física diretamente relacionada com o crescimento das plantas (Letey, 1985), e valores críticos da resistência que o solo oferece à penetração de raízes são relatados na literatura. Taylor e Gardner (1963); Taylor e Burnett (1964); Taylor et al. (1966) e Tormena e Roloff (1996) consideram valores de resistência à penetração acima de 2,0 MPa como impeditivos ao crescimento de raízes no solo. Este valor, porém, pode variar com o tipo de solo, o manejo e a planta utilizada.

Para Gerard et al. (1982), que avaliaram a influência da resistência do solo à penetração sobre o sistema radicular da cultura do algodão, a resistência crítica ao desenvolvimento das raízes situa-se entre 6,0 e 7,0 MPa em solos de textura arenosa, e 2,5 MPa em solos argilosos.

Tavares Filho et al. (2000), avaliando um Nitossolo sob sistema convencional de preparo de solo há mais de 10 anos, observaram que os maiores valores de

resistência à penetração ocorreram a 0,25 m, atingindo o pico de 4,02 MPa. A partir desse ponto, diminuiu até 2,25 MPa a 0,60 m, valor semelhante aos 2,16 MPa encontrado a 0,10 m.

Avaliando um Latossolo Roxo argiloso na profundidade de 0,15 m, Tavares Filho et al. (2001) constataram 3,54 MPa no plantio direto, e 2,24 MPa no preparo convencional. A partir de 0,35 m, os valores de resistência do solo à penetração mostraram-se significativamente inferiores no sistema plantio direto em relação ao sistema convencional, com 3,91 e 4,06 MPa a 0,35 m, respectivamente.

Na camada superficial de um Podzólico, Ehlers et al. (1983) encontraram valores de resistência à penetração limitantes ao crescimento radicular da aveia de 3,6 MPa sob preparo convencional, e 4,6 a 5,1 MPa no plantio direto.

Prado et al. (2002), em um Latossolo Vermelho eutrófico, avaliando dois sistemas de preparo do solo, grade aradora e enxada rotativa, em três épocas de amostragem e oito profundidades, até 0,40 m, encontraram valores entre 1,38 e 3,76 MPa.

Para solos argilosos com plantio direto, na consistência friável, Torres e Saraiva (1999) consideram valores de resistência do solo à penetração em torno de 2,5 MPa como valores baixos para restringir o crescimento radicular da soja. Consideram, ainda, os valores de 3,5 e 6,5 MPa como indicativos de baixa e alta compactação, respectivamente.

Determinando os efeitos da resistência mecânica do solo no crescimento de raízes em um Podzólico Vermelho Escuro, Merotto Júnior e Mundstock (1999) constataram que, quando analisada isoladamente, a resistência do solo é um fator de diminuição do crescimento radicular do trigo, tendo limitado o desenvolvimento da cultura em valores iguais ou superiores a 3,5 MPa. Tavares Filho et al. (2001) verificaram, no entanto, que valores de resistência do solo à penetração superiores a 3,5 MPa em Latossolo Roxo não restringiram o desenvolvimento radicular do milho; porém, influenciaram sua morfologia.

Em pastagens, a compactação está associada às altas pressões exercidas pelas patas dos animais sobre o solo, podendo atingir profundidades que variam de 0,07 a 0,10 m (Peterson, 1970). Estima-se que bovinos de 400 a 500 kg aplicam pressões entre 0,25 e 0,49 MPa (Proffitt et al., 1993). O pisoteio em toda a superfície e, às vezes, repetidamente no mesmo local, ao longo do tempo, pode promover alterações drásticas nas condições físicas do solo. Tais alterações dependem da intensidade de pisoteio, do tipo de solo e, principalmente, da umidade do solo. O pastejo realizado em condições de elevada umidade do solo maximiza a sua degradação física (Haveren, 1983; Proffitt et al., 1993).

Comparando os valores de densidade do solo, de acordo com EMBRAPA (1997), com os valores de resistência à penetração (Stolf, 1983, 1991) de um Latossolo Vermelho distrófico arenoso, Krawulski (2002) constatou que as duas metodologias expressaram resultados coerentes entre si. Os valores de densidade do solo não demonstraram a existência de compactação excessiva, com média de $1,62 \text{ g cm}^{-3}$ até 0,20 m. Os valores médios de resistência à penetração, na mesma profundidade, refletiram ligeira compactação, com valores de 1,86, 2,67 e 3,69 MPa, respectivamente, para as áreas de pastagem em recuperação com aveia preta, pastagem degradada e pastagem recuperada de *Brachiaria brizantha* Stapf.

Silva et al. (1999) relatam valores médios de 2,71 MPa, na camada de 0 a 0,10 m de uma Terra Roxa Estruturada, em pastagem implantada em 1985 e manejada de forma extensiva, e 1,51 MPa em pastagem sob pastejo intensivo rotacionado desde 1971.

Considerando a sustentabilidade das atividades agropecuárias, o solo deve ser manejado de forma a preservar a produtividade. Faz-se necessário, portanto, corrigir e superar suas limitações e, ao mesmo tempo, conservar suas características e propriedades favoráveis, com práticas integradas de manejo, pois o uso isolado de fertilizantes, o melhoramento genético e os controles de pragas e doenças não garantem produtividade

constante (Prado et al., 2002) Assim, o diagnóstico criterioso das alterações que ocorrem em função do uso e do manejo é importante não só por auxiliar na verificação da qualidade do manejo do solo utilizado, mas também pela indicação de práticas para minimizar ou corrigir as alterações deste solo, subsidiando a definição de sistemas mais adequados à manutenção ou recuperação da sua potencialidade (Bertol e Santos, 1995).

A degradação física também promove alterações em aspectos químicos e biológicos do solo, com reflexos na absorção de nutrientes e nas interações microbiológicas do sistema solo-raiz. Camadas de solo compactado limitam o transporte de água, oxigênio e nutrientes, além de impedir o crescimento radicular. A concentração de raízes na superfície, mesmo em condições adequadas de suprimento de água, pode limitar a absorção de nutrientes, limitando o crescimento das plantas (Boone e Veen, 1982). Portanto, a degradação física do solo altera o ambiente radicular, modificando simultaneamente vários processos que determinam a produtividade das diferentes culturas (Silva et al., 1999). Assim, a compactação causada pelo pisoteio dos animais contribui para reduzir a produtividade e a longevidade das pastagens (Imhoff et al., 2000).

2.2 Desenvolvimento de Raízes

As raízes constituem uma parte da planta por meio da qual ocorre a extração de água e nutrientes, além de prover a fixação da planta ao solo. A extensão do sistema radicular é resultado do potencial genético contido na planta para desenvolver raízes, alocando parte de sua produção em carboidratos para o sistema radicular, e de fatores ambientais, químicos, físicos ou biológicos, interdependentes entre si, que influenciam a penetração de raízes no solo. A umidade do solo tem relação com a penetração das raízes em estruturas compactas; a fauna do solo pode transformar essas estruturas; os produtos aplicados

ao solo podem inibir ou favorecer a atividade microbiana; e as características químicas e físicas naturais do solo e as produzidas pelo manejo, podem responder pelo funcionamento hídrico do solo e, conseqüentemente, pela resposta das plantas (Libardi e Lier, 1999).

Quaisquer que sejam a origem e a composição do solo, este não pode ser considerado como um meio perfeitamente rígido (Tessier, 1994), pois o estado físico do solo evolui lentamente sob a ação do clima e, de modo rápido, sob a ação das operações de preparo e manejo do solo (Papy, 1987). Neste contexto, quando o sistema radicular consegue se instalar e se desenvolver adequadamente, é capaz de fornecer água e nutrientes para as outras partes da planta, inclusive em momentos críticos.

Ao contrário do que ocorre com a parte aérea, são raros os estudos detalhados sobre o crescimento radicular das plantas cultivadas, o que se deve ao fato de a parte aérea ser visível e de fácil observação, enquanto avaliações nas raízes são mais trabalhosas e resultam, sempre, na perturbação do seu ambiente de crescimento (Gregory et al., 1978). Tais estudos, porém, visam subsidiar o entendimento dos efeitos do manejo sobre a planta e, conseqüentemente, sobre as próprias raízes, sendo mais esclarecedores quando são realizados durante o desenvolvimento da planta em questão.

A compreensão dos fenômenos ocorridos na parte aérea das plantas torna-se mais completa quando também se compreende o que acontece abaixo da superfície do solo, principalmente com relação ao crescimento e à distribuição de raízes no perfil. Entretanto, o estudo de sistema radicular é muito trabalhoso. Além disso, a variabilidade das condições físicas, químicas e biológicas do solo tem influência na distribuição das raízes e pode levar a resultados que não representam a realidade. Assim, é importante determinar uma forma de estudo capaz de amostrar as raízes com um mínimo de gasto de tempo e de trabalho e com o máximo de exatidão e precisão possíveis. Todavia, pergunta-se: qual é esta forma perfeita de amostrar as raízes?

A camada de 0-0,20 m de solo seria a responsável pela maior proporção do volume radicular de gramíneas (Carvalho, 1999; Bono et al., 2000). Porém, a concentração de raízes na superfície, mesmo em condições adequadas de suprimento de água, pode limitar a absorção de nutrientes e o crescimento das plantas (Boone e Veen, 1982).

Queiroz-Voltan et al. (1998) avaliaram o efeito da compactação do solo em alguns aspectos da estrutura de raízes de plantas de cana-de-açúcar, desenvolvidas em Latossolo Roxo textura argilosa, nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m. Não foram encontradas áreas com densidades de solo superiores a $1,23 \text{ g cm}^{-3}$. Os autores constataram tendência das raízes desenvolvidas em solos mais compactados apresentarem a relação espessura do córtex: espessura do cilindro vascular mais elevada. Nos níveis de densidade estudados, não foram observadas alterações histológicas significativas nas raízes.

Medina et al. (2002) avaliaram a influência de doses de vinhaça no crescimento do sistema radicular da cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho, pelo método da Parede do Perfil (Böhm, 1979), com posterior filmagem e quantificação das raízes através do programa SIARCS[®] (Jorge et al., 1996). Obtiveram área média de $236,7 \text{ cm}^2$ de raízes na dose de $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinhaça, e $137,0 \text{ cm}^2$ na dose de $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Independente do tratamento, verificaram maior concentração de raízes na camada de 0-0,25 m de profundidade, que apresentou uma variação de 28,2 a 56,7, contra 16,4 a $31,2 \text{ cm}^2$ de raízes na camada de 0,25-0,50 m.

Vasconcelos et al. (2003) compararam cinco métodos de avaliação do sistema radicular de duas variedades de cana-de-açúcar, em quatro profundidades e sob dois sistemas de colheita, mecanizada de cana crua e manual de cana queimada: a) Método do Monólito (Böhm, 1976), com a quantificação de massa de raízes secas; b) Método do Monólito, com a medição de comprimento médio de raízes secas (Jorge e Crestana, 1996); c) Método do Trado, com a quantificação de massa de raízes secas (Fujiwara et al., 1994); d)

Método do Perfil (Böhm, 1979), com a quantificação de comprimento de raízes pelo SIARCS[®] (Jorge et al., 1996); e) Método do Perfil, com a contagem do número de raízes. Concluíram que a profundidade foi o fator de maior influência na quantidade de raízes, para todos os métodos testados. O sistema de colheita apresentou efeito significativo sobre a quantidade de raízes, quando a avaliação foi realizada por monólito (comprimento) ou por contagem no perfil. As variedades diferiram apenas quando o método utilizado foi o da contagem no perfil e não ocorreram interações entre os fatores estudados, indicando que são independentes.

Paulino et al. (2004) estudaram os efeitos da escarificação na distribuição de raízes de soqueira de cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho distroférico do Arenito Caiuá, utilizando o Método da Parede do Perfil (Böhm, 1979) e análise de imagens pelo programa SIARCS[®] (Jorge et al., 1996). Os manejos de solo avaliados (E1 = escarificação a 0,15 m, adubação e gradagem; E2 = escarificação a 0,30 m, adubação e gradagem; GR = adubação e gradagem) não expressaram diferença significativa para área e comprimento totais de raízes, que variaram de 30,95 a 42,78 cm², e de 221,68 a 300,64 cm, respectivamente. A área de raízes também não mostrou diferenças entre os tratamentos nas profundidades avaliadas, com 23,40 a 31,42 cm² na camada de 0-0,25 m, e 7,55 a 11,37 cm² na camada de 0,25-0,50 m. Na profundidade de 0-0,25 m, o comprimento também não apresentou diferença entre os manejos, com 170,14 a 245,56 cm. Porém, na camada de 0,25-0,50 m, o comprimento de raízes foi maior no E1 (80,95 cm), em comparação com E2 (53,64 cm) e GR (51,55 cm).

A ausência de diferenças significativas para área e comprimento de raízes, obtida por Paulino et al. (2004), é explicada pelos autores pelo fato das três áreas avaliadas se apresentarem compactadas e com baixa fertilidade. Isto significa que, se o tratamento GR apresentou condições físicas menos adequadas ao desenvolvimento das raízes, estas condições

foram limitantes também para os outros tratamentos. Atkinson (1980) atribui a ausência de diferenças significativas à grande variabilidade entre os ambientes radiculares, devida ao fato de as raízes crescerem ou se ramificarem em locais propícios ao seu desenvolvimento, desviando de zonas menos favoráveis, seguindo caminhos de menor resistência, em fendas e canais formados pela fauna e matéria orgânica do solo.

Comparando métodos de estudo do sistema radicular em citros, tangerina 'Poncã' (*Citrus reticulata* Blanco) e limão 'Rangpur' (*Citrus limonia* Osbeck), Neves et al. (2000) obtiveram imagens digitais de raízes no perfil de solo. Posteriormente, as raízes foram coletadas e pesadas. As raízes presentes nas imagens foram quantificadas em comprimento e área, através do SIARCS[®] (Jorge et al., 1996). A área do perfil analisada foi delimitada por anéis de ferro, dos quais foram retiradas as raízes para determinação do peso seco. O comprimento de raízes, obtido pelas imagens digitalizadas, forneceu uma boa estimativa da quantidade de raízes presentes no perfil, com um coeficiente de correlação de 0,65. O coeficiente de correlação entre o peso seco e a área de raízes, determinada pelas imagens, foi de 0,61. Para os autores, esta similaridade pode ser atribuída ao fato de que todas as raízes analisadas tinham em torno de 1,5 mm de diâmetro.

Murata et al. (2002) avaliaram a quantidade e a distribuição das raízes de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) em um Latossolo Vermelho distroférico, usando o Método da Trincheira ou do Perfil (Böhm, 1979) e o programa SIARCS[®] (Jorge et al., 1996). O comprimento de raízes foi semelhante para os três clones avaliados, com valores de 2.164,55 a 3.591,54 cm de raízes totais (linha + entrelinha). Na linha, os valores ficaram entre 822,82 e 2.016,18 cm, e na entrelinha 1.341,73 e 1.938,16 cm de raízes. Tanto na linha como na entrelinha de plantio das aceroleiras, as raízes se concentraram mais na camada de 0-0,25 m, com 97,18 a 168,43, e 98,16 a 111,94 cm², respectivamente para linha e entrelinha, que representam de 37,97 a 58,32% do total de raízes localizadas nesta profundidade.

Bordin et al. (2003) estudaram a estrutura do sistema radicular de 7 porta-enxertos de videira com 5 anos de idade, pelo Método do Perfil (Böhm, 1979) e uso do SIARCS[®] (Jorge et al., 1996). Não encontraram diferença nos porta-enxertos quanto à arquitetura do sistema radicular, e os mais vigorosos apresentaram maior proporção de raízes enoveladas.

Bordin et al. (2005) observaram que o crescimento radicular de plantas de laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* L. Osb.) enxertadas sobre limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osb.), não foi afetado pela escarificação do solo, a qual também não alterou a densidade e a porosidade total do solo nas entrelinhas do pomar, independentemente da profundidade e posição em relação à planta.

Alguns trabalhos também têm avaliado o sistema radicular de espécies arbóreas. Paulino et al. (2003) estudaram a distribuição de raízes de árvores de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) plantadas em Argissolo, em função dos diferentes recipientes em que as mudas foram formadas. Observaram que o comprimento de raízes nas linhas de plantio foi maior nas árvores oriundas de mudas produzidas em recipiente de laminado de madeira do que em tubete, e que as raízes da planta em questão crescem melhor nas linhas do que nas entrelinhas de plantio.

Avaliando a guachapele (*Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms), uma leguminosa arbórea com potencial para ser utilizada em sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas, Balieiro et al. (2005) verificaram o acúmulo médio de 8,8 kg de biomassa radicular por árvore, o que equivale a 29,5 Mg ha⁻¹. Destes, 57% representavam a raiz pivotante, e o restante as raízes mais finas encontradas nas trincheiras abertas na entrelinha.

As pesquisas envolvendo o sistema radicular de culturas anuais são mais numerosas, incluindo desde culturas com menor expressão econômica no contexto nacional,

como a cevada (Caires et al., 2001) e a mandioca (Thimoteo, 2003), até as culturas com área cultivada mais expressiva, como o trigo, o milho e a soja (Merotto e Mundstock, 1999; Silva et al., 2000; Tavares Filho et al., 2001; Seixas et al., 2005).

Os trabalhos com pastagens perenes são escassos. Entretanto, o conhecimento do sistema radicular é muito importante, pois é um dos responsáveis pela produção e perenidade do pasto, juntamente com fatores ligados ao manejo, à reposição de nutrientes, ao solo e ao clima.

Estudando o sistema radicular de *Brachiaria humidicola* sob dois esquemas de pastejo, contínuo e alternado, e duas cargas animais, 2,2 e 4,2 cabeças ha⁻¹, Rodrigues e Cadima-Zevallos (1991) observaram que o pastejo alternado tendeu a mostrar maior peso seco de raízes do que o contínuo, porém sem diferença significativa nas seis profundidades avaliadas. A concentração relativa de raízes na camada de 0-0,20 m foi de 66,7 e 77,3%, respectivamente, para o pastejo contínuo e o alternado. Apenas no pastejo alternado com carga de 2,2 cabeças ha⁻¹ a *Brachiaria humidicola* apresentou um enraizamento expressivo abaixo da camada arável do solo (0-0,20 m). Em ambos os esquemas de pastejo, a concentração relativa de raízes na profundidade de 0-0,10 m foi ao redor de 80%.

Através da contagem das raízes expostas em perfil, Muller et al. (2001) avaliaram o crescimento radicular de pastagens até 0,50 m de profundidade, em cinco camadas de 0,10 m. A pastagem produtiva de colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) (P1) apresentou maior número de raízes do que as pastagens de colômbio em declínio produtivo (P2) e degradada (P3). A pastagem recuperada com andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth) (P4) apresentou um número maior de raízes do que P1, nas profundidades de 0,20-0,30, 0,30-0,40 e 0,40-0,50 m. Com relação à concentração relativa nas diferentes camadas, P1 e P4 apresentaram a melhor distribuição de raízes até 0,50 m, com 47, 26, 12, 9 e 6, e 44, 21, 16, 11 e 8%, respectivamente, resultando em melhor exploração do perfil do solo e menor

exposição ao estresse hídrico. Isto indica que o declínio produtivo da parte aérea da pastagem de colômbio, observado visualmente, foi acompanhado de redução do crescimento radicular.

Partindo da hipótese de que o N e o K interagem no incremento da produção da parte aérea e do sistema radicular das gramíneas, Lavres Júnior e Monteiro (2003) avaliaram os efeitos de combinações de doses desses nutrientes em solução nutritiva no perfilhamento, na produção de área foliar e em atributos morfológicos do sistema radicular de *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça. As doses de N e K interagiram nos dois cortes do capim para a produção da área foliar, comprimento radicular e superfície radicular totais, e para o perfilhamento no segundo corte. Os autores destacam o papel do N como principal nutriente modulador para os atributos radiculares. Para o perfilhamento, por ocasião do primeiro corte das plantas, bem como para a superfície radicular específica e comprimento radicular específico, não constataram interação significativa entre as doses de N e K.

Giacomini et al. (2005) avaliaram o crescimento de raízes de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Aruana e Tanzânia, pastejadas por ovinos, em função do manejo da pastagem e da adubação nitrogenada, em pré e pós-pastejo. No pré-pastejo, o Tanzânia, na média, apresentou maior massa seca da matéria orgânica de raízes ($1,7 \text{ mg cm}^{-3}$ solo) do que o Aruana ($1,2 \text{ mg cm}^{-3}$ solo), além de maior comprimento de raízes ($119,1$ e $68,7 \text{ cm cm}^{-3}$ solo, respectivamente). A dose de 300 kg ha^{-1} de N contribuiu para maior comprimento do sistema radicular - $107,1$ contra $80,7 \text{ cm cm}^{-3}$ solo para a dose de 150 kg ha^{-1} . O crescimento radicular pós-pastejo demonstrou similaridade de comportamento entre as variáveis mensuradas. Na média de capins, doses de N e idades de crescimento, no período equivalente ao outono (21/05 a 11/06), o crescimento de raízes foi de $3,9 \text{ mg } 100 \text{ cm}^{-3}$, aumentou para $12,9 \text{ mg}$ no inverno (17/07 a 07/08), caiu para $4,7 \text{ mg}$ na primavera (05 a 25/09) e se elevou novamente para $17 \text{ mg } 100 \text{ cm}^{-3}$ no verão (08/01 a 06/02), coincidindo os períodos de maior crescimento com os de maior pluviosidade, o inverno e o verão, nas condições de realização do trabalho

em questão. A dose de 150 kg N ha⁻¹ promoveu maior crescimento de raízes, em comprimento e superfície, do que a dose de 300 kg, nos períodos de maior pluviosidade.

2.3 Biomassa de Forragem

As pastagens exercem duas importantes funções: oferecem cobertura vegetal ao solo, protegendo-o contra o impacto das gotas de água da chuva, evitando sua desestruturação superficial, promovendo maior infiltração de água e reduzindo o escoamento superficial, atenuando os efeitos da erosão (Moraes, 1993), função esta de extrema importância para os solos do Arenito; e servem de alimento para os animais, que têm no pasto uma fonte de nutrientes. Conciliar estas funções, em princípio antagônicas, é papel do agricultor ou técnico. Para tanto, é necessário otimizar a rentabilidade da área em pastejo, no curto prazo; e, no longo prazo, mantê-la persistente e produtiva (Matos, 2005), para proporcionar a sustentabilidade dos sistemas de produção animal.

No entanto, é comum uma pastagem cultivada ter sua produtividade reduzida alguns anos após seu estabelecimento (Davies et al., 1989), podendo chegar à total degradação, que é um processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade e da capacidade de recuperação natural, que a torna incapaz de sustentar a quantidade e a qualidade de forragem exigidas pelos animais, e superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras (Macedo, 1995).

A degradação da pastagem pode ser atribuída a diversos fatores, relacionados entre si, como o manejo inadequado da espécie forrageira, a presença de plantas daninhas e, principalmente, o manejo inadequado do solo (Mella, 1991; Gonçalves et al., 1992; Soares Filho et al., 1992; Zimmer e Correia, 1993; Marun e Mella, 1994). O pisoteio dos animais pode alterar as propriedades físico-hídricas da superfície do solo, aumentando a

densidade e a suscetibilidade à desagregação, e reduzindo a porosidade total e a taxa de infiltração de água (Gradwell, 1966; Bertol e Santos, 1995), resultando em sua degradação, que pode ser caracterizada e resumida em desequilíbrio nutricional, pulverização e compactação do solo, e queda da atividade biológica e dos níveis de matéria orgânica, de forma isolada ou conjunta (Bragagnolo et al., 1997).

Um novo conceito de fertilidade do solo tem sido utilizado: *capacidade de um ecossistema gerar vida de forma sustentável, medida usualmente em termos de produção de biomassa* (Khatounian, 1999). Entendida assim, a fertilidade deixa de ser um atributo apenas do solo e passa para a esfera do ecossistema. O foco se amplia da camada superficial do solo para todo o perfil onde as plantas se desenvolvem, envolvendo desde as raízes mais profundas até o topo das plantas.

A biomassa a que se refere Khatounian (1999) é predominantemente vegetal, mas parte dela pode ser convertida em biomassa animal. Nos ecossistemas modificados pelo homem, os agroecossistemas, parte da biomassa produzida, vegetal ou animal, constituirá o produto colhido pelo agropecuarista.

O uso do conceito tradicional de fertilidade, definida apenas em termos dos teores de nutrientes minerais e das relações dos mesmos entre si (Khatounian, 1999), tem levado a pecuária do Arenito a gerar extensas áreas de pastagem degradada ou de baixa produtividade, com produções medíocres de biomassa forrageira, comprometendo a lotação animal, cuja média é inferior a $1,5 \text{ UA ha}^{-1}$ (UA = unidade animal = 450 kg peso vivo), e os índices zootécnicos da pecuária aí praticada, tanto a leiteira quanto a de corte (Sá e Caviglione, 1999).

A utilização adequada de pastagens por rebanhos leiteiros pode reduzir os custos de produção de leite, principalmente por diminuir os dispêndios com alimentos concentrados, com combustíveis e com mão-de-obra (Vilela et al., 1996). Assim, tem sido

crecente a demanda por sistemas intensivos de pastejo, cujo conceito-chave é a substituição de combustível, máquinas e equipamentos pelos animais, no processo de colheita da forragem. O benefício imediato é de caráter econômico, com drástica redução nos custos de produção de leite (Matos, 2005). Nos médio e longo prazos, contudo, espera-se recuperar a fertilidade do solo conceituada por Khatounian (1999).

Na prática, porém, normalmente, são desconsideradas as prescrições básicas de manejo do solo e da planta, como a reposição de nutrientes e a concessão de períodos de descanso para a espécie forrageira, o que compromete a produtividade e a vida útil da pastagem. Isto se agrava, haja vista que a maioria dos solos utilizados para produção de forragem, para corte ou pastejo, se encontra com algum nível de degradação. Apesar disso, o gênero *Panicum*, com seus diversos cultivares, tem sido preferido pelos pecuaristas na implantação de sistemas de pastejo intensivo, devido à sua produtividade, à boa qualidade da forragem e à sua ampla adaptabilidade; embora seja exigente em nutrientes e requeira manejo cuidadoso, por se tratar de planta cespitosa (Lugão, 2001).

Relacionando estas questões aos aspectos econômicos da pecuária leiteira nacional, os quais também se aplicam ao Paraná e ao Arenito, Matos (2005) ressalta que, neste país de dimensões continentais e com diversas condições edafoclimáticas, trabalha-se com um mercado comum de lácteos, cujos preços recebidos pelos produtores apresentam tendência histórica de queda, com perspectivas futuras de continuidade. Poderão alcançar a sustentabilidade necessária para permanência na atividade aqueles produtores que adotarem tecnologias adequadas, que permitam baixar seu custo de produção.

Neste contexto, se insere a produção de leite a pasto, voltada a aproveitar o grande potencial produtivo das gramíneas tropicais, plantas C₄ muito eficientes no processo fotossintético, que acumulam rapidamente grandes quantidades de biomassa. Porém, esse rápido crescimento vem acompanhado de rápido amadurecimento, com queda precoce do

valor nutritivo da forragem produzida. Assim, precisam ser manejadas de modo a permitir que os animais selecionem sua dieta com valor nutritivo adequado, através de pastejos mais freqüentes (Matos, 2005).

Uma vez que a pastagem é a base da alimentação dos bovinos, torna-se importante conhecer sua qualidade em termos de composição, digestibilidade e suprimento de nutrientes para o animal, para que seja possível definir patamares de produção e formular suplementos que atendam às exigências de cada categoria (Moreira, 2001; Matos, 2005).

A composição da forragem varia em função do estágio fisiológico, espécie forrageira, estações do ano, condições do meio ambiente, práticas de manejo (Nussio et al., 1998) e partes da planta (Brâncio et al., 2002). A quantidade de forragem disponível também é dinâmica, mudando com as taxas de consumo do pasto e de crescimento das plantas.

Tradicionalmente, as pastagens do Arenito Caiuá são manejadas de forma inadequada, o que, associado à sazonalidade climática, determina a distribuição irregular da produção de forragem ao longo do ano (Cano et al., 2004a). Daí a importância da realização de trabalhos a campo, para orientar o manejo em busca da longevidade das pastagens e da sustentabilidade dos sistemas de produção pecuária baseados em pastagens, comuns na região.

Alguns trabalhos têm sido realizados para avaliar a produção de biomassa e a composição química de diferentes forrageiras em regimes de cortes (Loureiro e Boddey, 1988; Euclides et al., 1990; Costa e Saibro, 1990; Gatiboni et al., 2000; Oliveira et al., 2001; Martha Júnior et al., 2004; Rassini, 2004). No entanto, para avaliar a real qualidade da pastagem, é necessária a avaliação sob pastejo, visto que o animal tem influência direta sobre a qualidade da forragem, principalmente em função do pastejo seletivo, quando as folhas são preferidas, em detrimento de colmos e material morto (Moreira, 2001).

Algumas pesquisas têm sido realizadas para avaliar as características, produção de biomassa e qualidade da pastagem sob pastejo (Pedreira, 1973; Drudi e Braga,

1990; Hillesheim e Corsi, 1990; Alvim et al., 1992; Costa et al., 1992; Costa, 1995; Cecato et al., 2000; Gerdes et al., 2000; Alvim e Botrel, 2001; Lugão, 2001; Moreira, 2001; Brâncio et al., 2002; Pinheiro, 2002; Quadros et al., 2002; Paciullo et al., 2003; Cano et al., 2004a, b; Santos et al., 2003, 2004; Cândido et al., 2005; Pedreira et al., 2005; Silveira et al., 2005; Souza et al., 2005; Vilela et al., 2005).

Pedreira (1973) obteve produções de 9.500 a 15.600 kg ha⁻¹ de matéria seca (MS) de capim colonião (*Panicum maximum* Jacq.), sendo 13% no inverno e 87% no verão, com taxa de crescimento de 64 kg MS ha dia⁻¹, no verão, e 2 kg MS ha dia⁻¹, no inverno.

Drudi e Braga (1990) confirmaram que a adição de fósforo (75 kg P₂O₅ ha⁻¹) em uma pastagem degradada de capim colonião (*Panicum maximum* Jacq.) promoveu aumento significativo na produção de matéria seca (MS), de 4.940 para 10.185 kg ha⁻¹.

Avaliando capim elefante sob pastejo, Hillesheim e Corsi (1990) determinaram uma biomassa de 6.019 kg MS ha⁻¹ no período experimental de 3 meses. Da produção total, 37,5% foi consumida pelos animais, 18,7% foi considerada como perdas e 43,8% foi considerada como sobra em pé.

Alvim et al. (1992) constataram, no capim-Angola (*Brachiaria mutica* (Forsk) Stapf.), teores de proteína bruta (PB) variando de 8,5 a 11,1%, na época da seca, e de 8,6 a 12,1%, na época das chuvas.

Costa (1995) relata rendimentos de MS de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu significativamente incrementados com o aumento da idade das plantas, com 11,27 t ha⁻¹ aos 112 dias, e 13,55 t ha⁻¹ aos 126 dias. Porém, os teores de proteína bruta (PB) decresceram com o avanço do estágio de crescimento, sendo o maior teor constatado aos 28 dias (13,7%), e o menor aos 126 dias (4,8%).

Costa et al. (1992) determinaram 11,74 e 11,39% de PB na MS da planta inteira das cultivares Colonião e Tobiatã, respectivamente, cultivadas em Latossolo Roxo. No

mesmo experimento, a PB diminuiu com o aumento da idade de corte, sendo 13,08% aos 28; 11,11% aos 35; e 10,51% aos 42 dias. Na presença de adubação nitrogenada (50 kg N ha⁻¹ corte), o teor de PB foi de 12,67%, e 10,47%, sem fornecimento de N.

Cecato et al. (2000), num Podzólico Vermelho Escuro distrófico textura média, em Maringá, PR, determinaram 21,15 e 19,87 t ha⁻¹, para a cv. Mombaça, e 16,57 e 12,27 t ha⁻¹ para a Tanzânia, avaliadas a 0,20 e 0,40 m de altura, respectivamente.

Gerdes et al. (2000) encontraram valores de 13,69, 10,84, 19,76 e 15,27% de PB em planta inteira de Tanzânia, cortada aos 35 dias, respectivamente na primavera, verão, outono e inverno. Avaliando apenas a porção folhas, os teores de PB foram de 14,85, 11,49, 19,69 e 15,28%, na mesma idade de corte e nas mesmas estações do ano, com média anual de 15,33%. Na porção hastes, obtiveram 8,01, 5,73, 9,80 e 6,77%, com média de 7,58% de PB.

Trabalhando com *Cynodon dactylon* cv. coast-cross cultivada em um solo Aluvial eutrófico, em área plana de várzea, Alvim e Botrel (2001) obtiveram 17,6, 17,4 e 17% de PB na época das chuvas para as doses de 100, 250 e 400 kg N ha ano⁻¹, respectivamente. Na época da seca, os valores foram 12,9, 13,3 e 13,3%.

No município de Paranaíba, em um Podzólico Vermelho Amarelo distrófico textura arenosa, Lugão (2001) avaliou um acesso de *Panicum maximum* Jacq. (Acesso BRA-006998), manejado com cinco dias de ocupação e 35 dias de descanso, e obteve a produção máxima de 32.137 kg MS ha⁻¹ em 200 dias, com 396 kg N ha ano⁻¹. A eficiência de utilização do N obtida neste experimento foi maior com a dose de 150 kg N (89,2 kg MS kg N) do que a obtida com 450 kg N ha ano⁻¹ (60,6 kg MS kg N).

Avaliando três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. (Tanzânia, Mombaça e Massai) sob pastejo rotativo, Brâncio et al. (2002) determinaram o valor nutritivo destas forrageiras antes e após o período de pastejo. Constataram, em geral, que o início do período chuvoso foi a época de maior valor nutritivo da forragem, em todos os tratamentos. A cv.

Massai apresentou o menor valor nutritivo, com menores teores de PB e maiores teores de fibra e, portanto, sua utilização como opção forrageira deve basear-se em outras características agronômicas.

Estudando cinco níveis de adubação sobre a produção de MS do capim Tanzânia (0, 100, 275, 756 e 2.079 kg N ha ano⁻¹), Pinheiro (2002) observou produções médias de 929, 1.162, 1.779, 2.901 e 3.553 kg ha⁻¹, respectivamente, no verão, e de 543, 668, 874, 1.323 e 1.479 kg ha⁻¹, no inverno. Com a irrigação do capim Tanzânia e mantendo as doses de N, o autor registrou maiores produções de MS, com valores de 6.819, 8.485, 12.397, 19.798 e 23.687 kg ha ano⁻¹.

Quadros et al. (2002) verificaram que doses crescentes de NPK resultaram em maior produção de MS verde nas cultivares Tanzânia e Mombaça, associada ao aumento do peso médio dos perfilhos. O Mombaça apresentou maior potencial de resposta à adubação com NPK, admitindo taxa de lotação estimada mais elevada do que o Tanzânia, 6,2 e 4,0 UA ha⁻¹, respectivamente, sugerindo uma melhor aptidão para sistemas intensivos de produção de ruminantes em pastagens, apesar de exigir manejo mais criterioso.

Paciullo et al. (2003) não constataram diferença significativa entre os métodos do pastejo simulado (Aroeira et al., 1999) e da morfogênese (Mazzanti et al., 1994; Gomide, 2001) nas estimativas da disponibilidade de biomassa foliar do capim-elefante em três épocas do ano (fevereiro/março; julho/agosto; outubro). No período abril/maio, a biomassa foliar obtida por meio das variáveis morfogênicas foi maior (1.311 kg MS ha⁻¹) do que a obtida no pastejo simulado (919 kg MS ha⁻¹).

Em um Latossolo Vermelho Eutroférico, no município de Astorga, PR, Cano et al. (2004b) obtiveram acúmulo de forragem de 8,6, 13,1, 17,5 e 21,95 t ha⁻¹, para a cultivar Tanzânia manejada com 0,20, 0,40, 0,60 e 0,80 m, respectivamente.

Santos et al. (2003, 2004), em um período de pastejo de 175 dias, não registraram diferença nas produções de matéria seca das cultivares Mombaça e Tanzânia, respectivamente, com 28,15 e 26,15 t ha⁻¹. Recomendam que a Tanzânia seja pastejada com 38 dias, no período de outubro a abril; com 28 dias, na fase reprodutiva (abril e maio); e com 48 dias, entre maio e setembro. Para Mombaça, 28 dias, no período de outubro a maio, e 48 dias, entre maio e setembro.

Cândido et al. (2005) determinaram 11,1, 8,6 e 8,3% de PB na cultivar Mombaça, respectivamente, no primeiro, segundo e terceiro dias de pastejo. E 10,5, 7,9 e 9,7% de PB em períodos de descanso equivalentes ao tempo necessário para expansão de 2,5, 3,5 e 4,5 novas folhas por perfilho, após um período de pastejo de seis dias.

Visando quantificar a produtividade e a eficiência de pastejo em pastagens de capim Guaçu (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de capim Tanzânia-1 (*Panicum maximum* Jacq.) sob lotação rotacionada durante 214 dias de pastejo, Pedreira et al. (2005) determinaram produções totais de MS de 23.850 e 15.000 kg ha⁻¹ para os capins Guaçu e Tanzânia-1, respectivamente, com 250 kg N ha⁻¹. A taxa de lotação média foi 5,1 UA (unidade animal = 500 kg PV) no Guaçu, e 3 UA ha⁻¹ no Tanzânia-1.

Silveira et al. (2005), no município de Alegrete, RS, avaliando pastagem natural, constataram teores de PB de 11,45, 11,78 e 14,85%, nos solos Basalto Profundo, Arenito e Basalto Superficial, respectivamente. Diferentes métodos de amostragem da pastagem produziram diferentes teores de PB, com 11,66% no corte total, 12,87% no pastejo simulado e 13,49% no corte com emparelhamento.

Avaliando o efeito da irrigação e da adubação nitrogenada sobre a produção de cinco cultivares de *Panicum maximum* Jacq., Souza et al. (2005) obtiveram a maior e a menor produção com a cultivar Mombaça, 41,68 e 27,38 t ha⁻¹ com e sem irrigação, respectivamente. Irrigada, a cultivar Tanzânia produziu 37,59 t ha⁻¹, e 30,88 t ha⁻¹ sem

irrigação. Nas doses de 50 e 100 kg N ha⁻¹, as produções não diferiram entre os cultivares, com 28,54 e 38,38 t ha⁻¹ da Mombaça, e 31,19 e 37,74 t ha⁻¹ da Tanzânia, respectivamente. Com 75 kg N ha⁻¹, a produção de MS da Mombaça (36,67 t ha⁻¹) não diferiu da Tanzânia (33,77 t ha⁻¹).

Vilela et al. (2005) determinaram acúmulos de MS de lâminas foliares de 2.401, 3.396 e 2.505 kg ha⁻¹, nos períodos da primavera, verão e outono, para a forrageira *Cynodon dactylon* cv. *Coastcross*, totalizando 8.302 kg ha⁻¹, com acúmulo médio de 98,1 kg ha dia⁻¹, o que possibilitou uma lotação média anual de cinco vacas holandesas por hectare.

2.4 Referências Bibliográficas

ALVIM, M. J.; SIMÃO NETO, M.; DUSI, G. A. Efeito da disponibilidade de forragem e da adubação em pastagem de capim-Angola sobre a produção de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.11, p.1541-1550, 1992.

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

AROEIRA, L. J. M.; LOPES, F. C. F.; DEREZ, F.; VERNEQUE, R. S.; MALDONADO VASQUEZ, H.; MATOS, L. L.; VITTORI, A. Pasture availability and dry matter intake of lactating crossbred cows grazing elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 78, p. 313-324, 1999.

ATKINSON, D. The distribution and effectiveness of the root of tree crops. **Horticultural Reviews**, New York, v.2, p.424-490, 1980.

AZENEGASHE, O. A.; ALLEN, V.; FONTENOT, J. Grazing sheep and cattle together or separately: effect on soil and plants. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, p.380-389, 1997.

BALIEIRO, F. C.; CEDDIA, M. B.; PEREIRA, M. G.; RESENDE, A. S.; FRANCO, A. A. Biomassa de raízes e regime hídrico do solo em plantio de *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms em um Planossolo Háplico. **Floresta**, Curitiba, v.35, n.2, p.221-230, 2005.

BAUDER, J. W.; RANDAL, G. W.; SWANN, J. B. Effect of four continuous system on mechanical impedance of a clay loam soil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.4, p.802-806, 1981.

BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, London, n.41, p.341-358, 1990.

BERTOL, I.; SANTOS, J. C. P. Uso do solo e propriedades físico-hídricas no Planalto Catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.263-267, 1995.

BÖHM, W. In situ estimation of root length at natural soil profiles. **Journal of Agricultural Science**, v.87, p.365-368, 1976.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer-Verlag, 1979. 188 p.

BONO, J. A.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. B. P. Biomassa e área do sistema radicular e resistência do solo à penetração em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo rotacionado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM. Forragicultura.

BOONE, E. R.; VEEN, B. W. The influence of mechanical resistance and phosphate supply on morphology and function of maize roots. **New Journal of Agricultural Science**, n.30, p.179-192, 1982.

BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; AZEVEDO, M. C. B. A.; GENTA, W.; FURLANETO, T. L. R. Arquitetura e dimensão do sistema radicular de sete porta-enxertos de videira no Norte do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.526-527, 2003.

BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; AIDA, F. T.; SOUZA, W. R.; DAVOGLIO JÚNIOR, A. C.; FURLANETO, T. L. R.; TAVARES FILHO, J. Sistema radicular de plantas cítricas e atributos físicos do solo em um Latossolo argiloso submetido à escarificação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.4, p.820-825, 2005.

BRAGAGNOLO, N.; PAN, W.; THOMAS, J. C. O Paraná e a evolução do uso e manejo do solo e água. In:_____. **Solo: uma experiência em manejo e conservação**. Curitiba: ed. do autor, 1997. p.3-23.

BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; REGAZZI, A. J.; ALMEIDA, R. G.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo. Composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.4, p.1605-1613, 2002.

CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.3, p.213-223, 2001.

CÂNDIDO, M. J. D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, W. E. Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.5, supl.2, p.1459-1467, 2005.

CANO, C. C. P.; CECATO, U.; CANTO, M. W.; RODRIGUES, A. B.; JOBIM, C. C.; RODRIGUES, A. M.; GALBEIROS, S.; NASCIMENTO, W. G. Produção de forragem do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, supl.2, 1949-1958, 2004a.

CANO, C. C. P.; CECATO, U.; CANTO, M. W.; SANTOS, G. T.; GALBEIROS, S.; MARTINS, E. N.; MIRA, R. T. Valor nutritivo do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, supl.2, p.1959-1968, 2004b.

CARVALHO, M. C. S. **Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo**. 1999. 103 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, SP.

CECATO, U.; MACHADO, A. O.; MARTINS, E. N.; PEREIRA, L. A. F.; BARBOSA, M. A. A. F.; SANTOS, G. T. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.3, p.660-668. 2000.

CHANASYK, D. S.; NAETH, M. A. Grazing impacts on bulk density and soil strength in the foothills fescue grasslands of Alberta, Canada. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.24, n.2, p.551-557, 1995.

CHANCELLOR, W. J. **Compaction of soil by agricultural equipment**. Berkeley: University of Califórnia, Division of Agricultural Sciences, Bulletin n.1881, 53p. 1977.

CORDEIRO, D. G.; BATISTA, E. M.; AMARAL, E. F. Utilização do equipamento penetrômetro de cone para identificação dos níveis de compactação do solo. (**Boletim Embrapa – Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre**, n.15, p.1-2, 1998.

COSTA, N. L.; SAIBRO, J. C. Regimes de corte e rendimento estacional de forragem de *Paspalum guenoarum* Arech. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.9, p.1349-1355, 1990.

COSTA, C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E. B. Variação na estrutura da vegetação de duas cultivares de *Panicum maximum* Jacq. (Colonião e Tobiata) submetidas a diferentes tipos de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.12, p.1659-1670, 1992.

COSTA, N. L. Curva de crescimento e composição química de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Rondônia. In: XXXII REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 38-42.

DAVIES, A. W.; ADAMS, A.; WILMAN, D. Soil compaction in permanent pasture and its amelioration by slitting. **Journal of Agricultural Science**, n.113, p.189-197, 1989.

DAVIES, W. J.; ZHANG, J. Roots signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.55-76, 1991.

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.11, n.1, p.199-237, 1988.

DRUDI, A.; BRAGA, A. F. Níveis de fósforo, enxofre e micronutrientes na recuperação de pastagens degradadas em solos arenosos na região Norte do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.9, p.1317-1322, 1990.

EHLERS, W. W.; KÖPKE, F.; HESSE, F.; BÖHM, W. Penetration resistance and growth root of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.3, p.261-275, 1983.

EMATER. Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Levantamento da realidade municipal**. Jaguapitã: 2005. 11 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Descrição geral do Estado do Paraná. In: _____ **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Tomo I.** Londrina: EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. p.3-59.

EUCLIDES, V. P. B.; VALLE, C. B.; SILVA, J. M.; VIEIRA, A. Avaliação de forrageiras tropicais manejadas para produção de feno-em-pé. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.393-407, 1990.

FNP Consultoria e Comércio. ANUALPEC 2001 – **Anuário da pecuária brasileira.** São Paulo: 2001. 359 p.

FUGIWARA, M.; KURACHI, S. A. H.; ARRUDA, F. B.; PIRES, R. C. M.; SAKAI, E. **A técnica de estudo de raízes pelo método do trado.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1994. 9 p. (Boletim Técnico, 153).

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; PELLEGRINI, J. B. R.; BRUNETTO, G.; SAGGIN, A.; FLORES, J. P. C. Influência da adubação fosfatada e da introdução de espécies forrageiras de inverno na oferta de forragem de pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p.1663-1668, 2000.

GERARD, C. J.; SEXTON, P.; SHAW, G. Physical factors influencing soil strength and root growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.875-879, 1982.

GERDES, L.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; POSSENTI, R. A.; SCHAMMASS, E. A. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.4, p.955-963, 2000.

GIACOMINI, A. A.; MATTOS, W. T.; MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; CUNHA, E. A.; CARVALHO, D. D. Crescimento de raízes dos capins aruanã e tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.4, p.1109-1120, 2005.

GOMIDE, C. A. M. **Características morfofisiológicas associadas ao manejo do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.).** 2001. 107 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, MG.

GONÇALVES, C. A.; OLIVEIRA, J. R. C.; DUTRA, S. Renovação e utilização de pastagens na engorda de bovinos em Porto Velho, Rondônia, Brasil. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.18, n.1, p.24-33, 1992.

GRADWELL, M. W. Soil moisture deficiencies in puddled pastures. **New Zeland Journal Agronomy Research**, v.9, p.127-136, 1966.

GREGORY, P. J.; MCGOWAN, M.; BISCOE, P. V.; HUNTER, B. Water relations of winter wheat. **Journal of Agricultural Science**, v.91, p.91-102, 1978.

HAVEREN, B. B. Soil bulk density as influenced by grazing intensity and soil type on a shortgrass prairie site. **Journal of Range Management**, Denver, v.36, n.5, p.586-588, 1983.

HAYNES; R. J.; BEARE, M. H. Aggregation and organic matter storage in mesothermal humid soils. In: CARTER, M. R.; STUART, B. A. (Ed). **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: Lewis Publishers, p. 213-262, 1996.

HERDERSON, C. W. L. Using a penetrometer to predict the effects of soil compaction on the growth and yield of wheat on uniform, sandy soils. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.40, p.497-508, 1989.

HILLESHEIM, A.; CORSI, M. Capim elefante sob pastejo. II. Fatores que afetam as perdas e utilização de matéria seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.9, p.1233-1246, 1990.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. Avaliação de demandas, problemas e soluções para ajuste da pesquisa agropecuária regional. Fase II. **Relatório...** Londrina: IAPAR, 2004. p. 16.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.

JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. Measurement of root length by digital image analysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYSICS AND INDUSTRIAL DEVELOPMENT: BRIDGING THE GAP, 2., 1996, Belo Horizonte. **Proceedings...** Singapura: World Scientific, 1996. p. 370-375.

JORGE, L. A. C.; RALISCH, R.; ABI SAAB, O. J. G.; MEDINA, C. C.; GUIMARÃES, M. F.; NEVES, C. S. V. J; CRESTANA, S.; CINTRA, F. L. D.; BASSOI, L. H.; FERNANDES, S. B. V. Aquisição de imagens de raízes. In: JORGE, L. A. C. (Ed.) **Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do SIARCS**. São Carlos: Embrapa - CNPDIA, 1996. 48p. (Embrapa-CNPDI, Circular Técnica, 1) CD-ROM.

KHATOUNIAN, C. A. O manejo da fertilidade em sistemas de produção. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (Ed.). **Uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1999. p. 179-221. (IAPAR, Circular Técnica, 108).

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. da Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.2, p.45-54, 1998.

KRAWULSKI, C. C. **Caracterização química e física de um Latossolo Vermelho do Arenito Caiuá sob diferentes sistemas de recuperação de pastagem**. 2002. 38 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, PR.

LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1068-1075, 2003.

LETEY, J. Relationship between soils physical properties and crop production. **Advanced Soil Science**, v.1, p.277-294, 1985.

LIBARDI, P. L.; LIER, Q. J. V. Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDOS DE CASOS, 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p. 47-56.

LOUREIRO, M. F.; BODDEY, R. M. Balanço de nitrogênio em quatro gramíneas do gênero Brachiaria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.12, p.1343-1353, 1988.

LUGÃO, S. M. B. **Produção de forragem e desempenho animal em pastagens de Panicum maximum Jacq. (acesso BRA-006998) adubadas com nitrogênio na região Noroeste do Estado do Paraná**. 2001. 151 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, SP.

MACEDO, M. C. M. Pastagens nos ecossistemas cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 28-62.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; BARIONI, L. G.; VILELA, L. Intensidade de desfolha e produção de forragem do capim-tanzânia irrigado na primavera e no verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.927-936, 2004.

MARTINS, P. C. O leite como instrumento de desenvolvimento regional. In: FERNANDES, E. N.; MARTINS, C. E.; DÜRR, J. W.; LONDINSKY, A.; OLIVEIRA, A. F.; SILVA, P. H. F.; KRUG, E. E. B.; MARTINS, P. C.; LEÓN, E. F.; ARCURI, P. B. (Ed.). **Tendências e avanços do agronegócio do leite nas Américas: economia e mercado**. Montevideo: Federação Pan-Americana do Leite; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Porto Alegre: Associação Gaúcha de Laticinistas, 2006. p. 11-18.

MARUN, F.; MELLA, S. C. **Recuperação de pastagens no Noroeste do Paraná através da sucessão de culturas por um ano**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1994. 15p. (IAPAR, Informe da Pesquisa, 111).

MASLE, A.; PASSIOURA, J. B. Effect of soil strength on the growth of young wheat plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, n.14, p.634-656, 1987.

MATOS, L. L. Estratégias para produção eficiente de leite em pastagens tropicais. In: CARVALHO, L. A.; ZOCCAL, R.; MARTINS, P. C.; ARCURI, P. B.; MOREIRA, M. S. P. (Ed.). **Tecnologia e gestão na atividade leiteira**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. p. 241-264.

MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. Effect of nitrogen fertilization upon herbage production of a tall fescue sward continuously grazed by sheep - 1: herbage growth dynamics. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.49, n.3, p.111-120, 1994.

MEDINA, C. C.; NEVES, C. S. V. J.; FONSECA, I. C. B.; TORRETI, A. F. Crescimento radicular e produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de vinhaça em fertirrigação. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v.23, n.2, p.179-184, 2002.

MELLA, S. C. Recuperação de pastagens. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM PASTAGENS, 1991, Cascavel. **Anais...** Cascavel: OCEPAR, 1991. p. 165-174.

MEROTTO JÚNIOR, A.; MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.197-202, 1999.

MORAES, A. Pastagens como fator de recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2., Jaboticabal, 1993. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p. 191-215.

MOREIRA, F. B. **Sistemas para crescimento e terminação de bovinos de corte, avaliação das pastagens, desempenho animal, características da carcaça e qualidade da carne**. 2001. 225 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, PR.

MULLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F. S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1409-1419, 2001.

MURATA, I. M.; STENZEL, N. M.; PAULINO, A. F.; KRAWULSKI, C. C.; NEVES, C. S. V. J.; MEDINA, C. C.; SUMIYA, M.; YANO, M. Y. Distribuição do sistema radicular de aceroleiras. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v.23, n.2, p.191-196, 2002.

MURPHY, W. M.; BARRETO, A. D.; SILMAN, J. P.; DINDAL, D. L. Cattle and sheep grazing effects on soil organisms, fertility and compaction in a smoothstalked meadow grass dominant white clover sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.50, p.191-194, 1995.

NEVES, C. S. V. J.; DECHEN, A. R.; MEDINA, C. C.; GUIMARÃES, M. F. Comparação de métodos de avaliação do enraizamento de citros por meio de imagens em perfil de solo e do peso das raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p.2537-2541, 2000.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: MANEJO DE PASTAGENS DE TIFTON, COASTCROSS E ESTRELA, 15, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba, Federação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998. p. 203-242.

OLIVEIRA, O. C.; OLIVEIRA, I. P.; FERREIRA, E.; MIRANDA, C. H. B.; VILELA, L.; BODDEY, R. M. Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilization. **Pastures Tropicales**, Cali, v.23, n.1, p.14-18, 2001.

PACIULLO, D. S.; DERESZ, F.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J.; VERNEQUE, R. S. Morfogênese e acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim-elefante avaliada em diferentes épocas do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.7, p.881-887, 2003.

PAPY, F. Comportement d'une couche labourée sous les actions de compactage en fonction de son état hydrique et structural. **Agronomic**, v.7, n.2, p.11-121, 1987.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Paraná Rural. Programa de Desenvolvimento Rural do Paraná. **Manual Técnico do Sub-Programa de Manejo e Conservação do Solo**. Curitiba: 1994. 372p.

PASSIOURA, J. B.; GARDNER, P. A. Control of leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soil. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.17, p.149-157, 1990.

PASSIOURA, J. B. Soil structure and plant growth. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, n.29, p.717-728, 1991.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. C.; NEVES, C. S. V. J.; AZEVEDO, M. C. B.; HIGA, A. R.; SIMON, A. Distribuição do sistema radicular de árvores de Acácia-negra oriundas de mudas produzidas em diferentes recipientes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, p.605-610, 2003.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. C.; AZEVEDO, M. C. B.; SILVEIRA, K. R. P.; TREVISAN, A. A.; MURATA, I. M. Escarificação de um Latossolo Vermelho na pós-colheita de soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.911-917, 2004.

PEDREIRA, J. V. S. Crescimento estacional dos capins colônia (*Panicum maximum* Jacq.), gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv.), jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf.) e pangola de Taiwan A-24. **Boletim da Indústria Animal**, v.30, n.1, p.59-145, 1973.

PEDREIRA, C. G. S.; ROSSETO, F. A. A.; SILVA, S. C.; NUSSIO, L. G.; MORENO, L. S. B.; LIMA, M. L. P.; LEME, P. R. Forage yield and grazing efficiency on rotationally stocked pastures of 'Tanzania-1' guineagrass and 'Guaçu' elephantgrass. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.62, n.5, p.433-439, 2005.

PETERSON, R. A. O fator água. In: **Fundamentos do manejo das pastagens**. São Paulo: Secretaria de Agricultura. Coordenadoria de Pesquisa Agropecuária, p.63-75, 1970.

PINHEIRO, V. D. **Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil**. 2002. 85 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo, SP.

PRADO, R. M.; ROQUE, C. G.; SOUZA, Z. M. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1795-1801, 2002.

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 Agricultural Research**, Melbourne, v.44, n.2, p.317-331, 1993.

QUADROS, D. G.; RODRIGUES, L. R. A.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E. B.; HERLING, V. R.; RAMOS, A. K. B. Componentes da produção de forragem em pastagens dos capins Tanzânia e Mombaça adubadas com quatro doses de NPK. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.3, supl.0, p.1333-1342, 2002.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; PRADO, H. DO; MORETTI, F. C. **Aspectos estruturais de raízes de cana-de-açúcar sob o efeito da compactação do solo.** *Bragantia*. [online]. 1998, vol.57, no.1 [citado 28 Junho 2006] Disponível na World Wide Web: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051998000100007&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 0006-8705.

RASSINI, J. B. Período de estacionalidade de produção de pastagens irrigadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.821-825, 2004.

RAUEN, M. J.; SÁ, J. C. M.; OLIVEIRA, E. F. **Considerações sobre os principais solos do Paraná.** In: MONTEIRO, A. L. M. et al. (Ed.). Forragicultura no Paraná. Londrina: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 1996. p. 23-30.

RIBON, A. A. **Estudo da resistência do solo à penetração em Latossolos.** 2004. 113 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual de Londrina, PR.

RODRIGUES, A. C. G.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Efeito da intensidade de pastejo sobre o sistema radicular de pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.3, p.439-445, 1991.

SÁ, J. P. G.; CAVIGLIONE, J. H. **Arenito Caiuá – capacidade de lotação das pastagens.** Londrina: IAPAR, 1999. 15 p. (IAPAR, Informe da Pesquisa, 132).

SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Morphogenetic characteristics and management of Tanzania grass. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.8, p.991-997, 2003.

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

SEIXAS, J.; ROLOFF, G.; RALISCH, R. Tráfego de máquinas e enraizamento do milho em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol.35, n.4, p.794-798, 2005.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization on the least limiting water range. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.58, p.1775-1781, 1994.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; MAZZA, J. A. Manejo físico de solos sob pastagem. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed.). **Fundamentos do pastejo rotacionado.** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.25-37, 1999.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.191-199, 2000.

SILVEIRA, V. C. P.; VARGAS, A. F. C.; OLIVEIRA, J. O. R.; GOMES, K. E.; MOTTA, A. F. Qualidade da pastagem nativa obtida por diferentes métodos de amostragem e em diferentes solos na Apa do Ibirapuitã, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.582-588, 2005.

SOARES FILHO, C. V.; MONTEIRO, F. A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Pasturas Tropicais**, Cali, n.14, p.2-6, 1992.

SOARES FILHO, C.; MELLA, S. C.; MARUN, F. **Reforma de pastagens**. In: MONTEIRO, A. L. M. et al. (Ed.). Forragicultura no Paraná. Londrina: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 1996. p. 123-140.

SOUZA, E. M.; ISEPON, O. J.; ALVES, J. B.; BASTOS, J. F.; LIMA, R. C. Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.4, p.1146-1155, 2005.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 1, n.3, p. 18-23, 1983.

STOLF, R.; Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.229-235, 1991.

TAVARES FILHO, J.; EIRA, G. C.; FARINHA, L. R. L. Avaliação da compactação em um solo cultivado no sistema convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.2, p.219-224, 2000.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.725-730, 2001.

TAYLOR, H. M.; GARDNER, H. R. Penetration of cotton seedlings taproots as influenced by bulk density, moisture content and strenght soil. **Soil Science**, Baltimore, v.96, p.153-156, 1963.

TAYLOR, H. M.; BURNETT, E. Influence of soil strength on root growth habits of plants. **Soil Science**, Baltimore, v.98, p.174-180, 1964.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER JR, J. J. Soil strength root penetration for médium - to coarse - textured soil materials. **Soil Science**, Baltimore, v.102, n.1, p.18-22, 1966.

TESSIER, D. Role de l'eau sur lès propriétés physiques de sols. **Sécheresse**, v.5, n.3, p.143-150, 1994.

THIMOTEO, C. M. S. **Influência dos sistemas de manejo na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2003. 72 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, PR.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.333-339, 1996.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Soil physical quality Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.52, p. 223-232, 1999.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja. **Embrapa Soja Circular Técnica**, Londrina, n.23, 58 p., 1999.

UNGER, P. W.; MCCALLA, T. M. Conservation tillage system. **Advances Agronomy**, New York, n.33, p.1-58, 1980.

VASCONCELOS, A. C. M.; CASAGRANDE, A. A.; PERECIN, D.; JORGE, L. A. C.; LANDELL, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.849-858, 2003.

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

VILELA, D.; LEITE, J. L. B.; RESENDE, J. C. Políticas para o leite no Brasil: passado, presente e futuro. In: SUL-LEITE SIMPÓSIO SOBRE A SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. p. 1-26.

VILELA, D.; PAIVA, P. C. A.; LIMA, J. A.; CARDOSO, R. C. Morfogênese e acúmulo de forragem em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. *Coastcross* em diferentes estações de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, p.1891-1896, 2005.

WILLATT, S. T.; PULLAR, D. M. Changes in soil physical properties under grazed pastures. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.22, n.4, p.343-348, 1983.

ZIMMER, A. H.; CORREIA, E. S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto? In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1993, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 1-26.

3. RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TEXTURA ARENOSA SOB PASTEJO INTENSIVO ROTACIONADO EM *Panicum maximum* Jacq. CULTIVARES MASSAI, MOMBAÇA E TANZÂNIA

3.1 RESUMO

As pastagens tropicais se constituem na base da alimentação a baixo custo para o rebanho bovino leiteiro da região do Arenito Caiuá-PR, que concentra 65% do rebanho estadual, em regime quase exclusivo de pasto, com baixos índices de produtividade. Isto se deve, principalmente, à baixa fertilidade natural dos solos da região e ao manejo inadequado dos fatores de produção, com extensas áreas de pastagens degradadas, atribuídas à compactação do solo, que leva ao aumento de sua resistência e redução da disponibilidade de nutrientes e água, afetando o desenvolvimento radicular. A compactação do solo sob pastagens pode estar associada às altas pressões exercidas pelo pisoteio de animais. A resistência oferecida pelo solo à penetração das raízes se constitui em um indicador mais sensível do efeito do pisoteio dos animais na estrutura do que a densidade do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a compactação de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa através da sua resistência à penetração, em função do pastejo intensivo rotacionado em pastagem de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai (MA), Mombaça (MO) e Tanzânia (TZ), semeadas em dezembro de 2004, em comparação com uma pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE), implantada em 1995, num delineamento experimental de blocos ao acaso. A partir de fevereiro de 2005, as 3 cultivares foram submetidas ao pastejo intensivo rotacionado com 72 vacas mestiças em lactação, com 3 dias de pastejo e 29 de descanso. Avaliou-se a resistência do solo à penetração até 0,60 m de profundidade, utilizando-se um penetrômetro de impacto, em 4 épocas: I) junho de 2004, antes do preparo do solo; II) novembro de 2004, após o preparo do solo e antes da semeadura dos tratamentos MA, MO e TZ; III) junho de 2005; IV) janeiro de 2006. Em todos os tratamentos, a maior resistência do solo foi constatada na profundidade de 0,05-0,10 m, nas 4 épocas avaliadas. Nas pastagens de *Panicum*, os maiores valores foram determinados em junho de 2004, superiores a 3,5 MPa até a profundidade de 0,40 m. A pastagem RE apresentou a menor resistência à penetração em junho de 2004 e valores crescentes no tempo, em todas as profundidades, com o pico de 4,93 MPa aos 0,10 m, em janeiro de 2006. O preparo do solo realizado foi ineficiente para reduzir a resistência do solo à penetração a valores inferiores a 2,0 MPa, na camada de 0,00-0,20 m. O pisoteio dos animais, no pastejo intensivo rotacionado, não foi suficiente para aumentar a resistência do solo à penetração até os 11 meses de pastejo, indicando que a recuperação da qualidade física do solo inclui a manutenção de cobertura vegetal sobre o mesmo.

Palavras-chave: compactação do solo, pisoteio animal, *Brachiaria brizantha*, fertilidade química, Arenito.

RESISTANCE TO PENETRATION OF A RED DISTROPHIC LATOSOL UNDER INTENSIVE ROTATIONAL GRAZING IN *Panicum maximum* Jacq. MASSAI, MOMBAÇA AND TANZÂNIA CULTIVARS

3.2 ABSTRACT

Tropical pasture are employed a low cost feeding for dairy herds in the Arenito Caiua Region, in the State of Parana. Sixty five percent of the dairy herd from this State are in this area. Feeding is based on pasture, with very low productivity, due to the low natural soil fertility, pasture degradation, and inadequate management and utilization of the production factors. Extensive area of pasture were degraded as consequence of soil erosion and compaction, wich in turn led to increased soil resistance to penetration and decreased nutrient and water availability, affecting root development. Soil compaction in pastures could be associated to animal grazing. Soil resistance to root penetration is a more effective indicator of the effect of grazing on soil structure than on soil density. The objective of this work was to evaluate the compaction of a Dystrophic Red Latosol from Arenito Caiua area through the determination of resistance to penetration, as affected by intensive rotational grazing in pastures of *Panicum maximum* Jacq., cultivars Massai (MA), Mombaça (MO), and Tanzania (TZ), in comparison to a degraded pasture of *Brachiaria brizantha* Stapf (RE). The three *Panicum* pastures were seeded in December 2004, in a Complete Randomized Block Design, with two replicates. Those seeded *Panicum* pastures were grazed with crossbred dairy cows, with three days of occupation per paddock and 27 days of regrowth, beginning in February 2005. Soil resistance to penetration up to 0.60m depth was evaluated by the use of an impact penetrometer in four different periods: I) June 2004, prior to soil preparation; II) November 2004, just after soil preparation and before seeding; III) June 2005; and IV) January 2006. High soil resistance was measured at the depth of 0.05-0.10m in all treatments and periods evaluated. High values for MA, MO, and TZ were determined in June 2004, over 3.5 MPa at 0.40m depth. The RE pasture showed lower resistance to penetration in June 2004, followed by increasing values in the next periods, at all depth, reaching a peak of 4.93 MPa at 0.10m in January 2006. Soil preparation was not effective to reduce soil resistance to penetration to values lower than 2.0 MPa, at 0.00-0.20m. Intensive rotational grazing was not sufficient to increase soil resistance to penetration up to 11 month of grazing period, indicating that the recovering of soil physical properties includes the maintenance of the vegetation covering, such as pasture.

Key words: soil compaction, animal trampling, *Brachiaria brizantha*, chemistry fertility, Arenito.

3.3 INTRODUÇÃO

A pastagem se constitui na base da alimentação a baixo custo para um rebanho bovino aproximado de 161 milhões de cabeças, presente em todo o território nacional (FNP, 2001). A pecuária leiteira se faz presente em mais de 1 milhão de propriedades rurais e, somente na produção primária, gera acima de 3 milhões de empregos e agrega mais de R\$ 6 bilhões ao valor da produção agropecuária nacional (Vilela et al., 2002), o que lhe confere grande importância econômica e social, com produção atual em torno de 24 bilhões de litros de leite ao ano (Martins, 2006).

No Paraná, 36% dos solos são ocupados com pastagens (Rauen et al., 1996). A região Noroeste, comumente denominada Arenito, concentra 65% do rebanho estadual, criado em regime quase exclusivo de pasto (Pellini, 1996), com baixos índices de produtividade de carne e leite, devidos, principalmente, à baixa fertilidade natural dos solos da região e ao manejo inadequado dos fatores de produção (Cecato et al., 2002).

O potencial produtivo das pastagens é determinado por fatores relacionados à espécie forrageira, ao clima e ao solo. Manejada de forma adequada, a pastagem oferece uma cobertura que protege o solo contra o impacto da chuva, evitando sua desestruturação superficial; promove aumentos na taxa de infiltração de água; e reduz o escoamento superficial, atenuando o fenômeno da erosão (Moraes, 1993).

Porém, é comum as pastagens cultivadas apresentarem redução de produtividade alguns anos após seu estabelecimento (Davies et al., 1989), podendo chegar à total degradação, que é um processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade e da capacidade de recuperação natural, que a torna incapaz de sustentar os níveis de produção e de qualidade exigidos pelos animais, bem como superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras (Macedo, 1995).

O solo pode impor limitações ao crescimento das plantas, pela maior ou menor capacidade de suprimento de nutrientes, água e oxigênio, a qual tem relação direta com a compactação do solo. A compactação do solo é um processo que leva ao aumento da resistência mecânica e reduções da porosidade, da continuidade de poros, da permeabilidade e da disponibilidade de nutrientes e água. Entre outros aspectos, esse processo afeta o crescimento e o desenvolvimento radicular, aumenta a densidade e a erosão do solo pela menor infiltração de água (Prado et al., 2002).

A compactação do solo é caracterizada pela redução de volume de solo, quando uma pressão externa é aplicada (Horn e Lebert, 1994; Hakansson e Voorhees, 1998). Em pastagens, a compactação pode estar associada às altas pressões exercidas pelo pisoteio de animais. Willat e Pullar (1983) relatam que animais da raça Jersey podem exercer pressões de 0,2 MPa, e 0,08 e 0,06 MPa para ovinos e caprinos, respectivamente. São mencionados, ainda, valores entre 0,25 e 0,49 MPa para bovinos de 400 a 500 kg de peso vivo, na profundidade de 0,05 a 0,10 m (Carvalho, 1976; Proffitt et al., 1993).

As modificações nos atributos do solo dependem da intensidade de pisoteio, da umidade e do tipo de solo. O pisoteio sobre o solo muito úmido provoca maior degradação física (Haveren, 1983; Proffitt et al., 1993). O aumento da resistência à penetração das raízes contribui para a redução da produtividade e da longevidade das pastagens (Imhoff et al., 2000), influenciando na sua capacidade de resistir a períodos de estresse hídrico e competir por nutrientes (Herling et al., 2001).

A resistência oferecida pelo solo à penetração das raízes se constitui em um indicador mais sensível do efeito do pisoteio dos animais na estrutura do que a densidade do solo (Chanasyk e Naeth, 1995). Na avaliação da resistência à penetração, tem sido utilizada a penetrometria, pela facilidade e rapidez na obtenção dos resultados, que indicam a resistência

à qual a raiz pode ser submetida durante seu crescimento, apesar das diferenças entre uma raiz e um cone metálico (Barley e Greacen, 1967; Benghoungh e Mullins, 1990).

Porém, os valores de resistência à penetração em que o crescimento radicular é inibido são muito amplos. Taylor e Gardner (1963) afirmam ser 3,0 MPa. Para Gerard et al. (1982), a resistência crítica ao desenvolvimento das raízes situa-se entre 6,0 e 7,0 MPa em solos de textura arenosa, e 2,5 MPa em solos argilosos. Ehlers et al. (1983) consideram como sendo acima de 5,0 MPa. Tormena e Roloff (1996) reportam valores acima de 2,0 MPa, enquanto Merotto e Mundstock (1999) e Tavares Filho et al. (2000, 2001) relatam que valores entre 1,0 e 3,5 MPa podem restringir e até impedir o crescimento e o desenvolvimento das raízes. Essa amplitude pode ser decorrente de fatores como umidade do solo e características da espécie vegetal (Dexter, 1988). Arshad et al. (1996) definem sete classes de resistência do solo à penetração, expressa em MPa: *extremamente baixa* (< 0,01); *muito baixa* (0,01 – 0,1); *baixa* (0,1 – 1,0); *moderada* (1,0 – 2,0); *alta* (2,0 – 4,0); *muito alta* (4,0 – 8,0); e *extremamente alta* (> 8,0).

Constata-se uma deficiência de estudos sobre o efeito do pastejo intensivo na resistência do solo, partindo de uma pastagem degradada, em solos do Arenito. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações na resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa, após a implantação de pastejo intensivo rotacionado em pastagem de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no período de junho de 2004 a janeiro de 2006, no município de Jaguapitã, PR, situado à 23°02'52"S e 51°33'32"O, com altitude de 557 m e clima tipo Cfa, da classificação de Köppen (IAPAR, 1994). O arenito Formação

Caiuá é o material de origem do solo estudado, classificado como Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa (EMBRAPA, 1999), com 858,80, 129,51 e 11,59 g kg⁻¹ de areia, argila e silte, respectivamente, na camada de 0,00-0,20 m, densidade de partículas de 2,67 g dm⁻³ e densidade de solo de 1,62 g dm⁻³ (Krawulski, 2002).

Em junho de 2004, foi retirada uma amostra composta de solo, da camada de 0,00-0,20 m, formada por 90 amostras simples, da área onde seria implantada a pastagem (PA) e da área referência (RE), e enviadas ao Laboratório de Solos do IAPAR, em Londrina-PR, para análises químicas (Tabela 3.1). A área PA, de 9,9 hectares, foi cultivada durante os 5 anos anteriores com milho e sorgo, no verão, para produção de silagem, e com aveia preta no inverno, para pastejo; e passou a consistir em um módulo de produção de leite a pasto. Em setembro de 2004, realizou-se a calagem na área PA, para elevar a saturação por bases a 60%, de acordo com a análise de solo, seguida de 1 gradagem aradora e 2 gradagens niveladoras.

Tabela 3.1. Análises químicas do solo das áreas experimentais. Jaguapitã-PR, 2004.

	pH ₍₁₎	M.O ₍₂₎	P ₍₃₎	K ⁺ ₍₄₎	Ca ⁺² ₍₄₎	Mg ⁺² ₍₄₎	Al ⁺³ ₍₄₎	V ₍₅₎
Área PA	4,80	0,90	15,20	0,06	1,01	0,45	0,05	39,32
Área RE	4,90	0,69	3,64	0,08	0,60	0,22	0,10	27,55

(1) CaCl₂; (2) g dm⁻³; (3) Mehlich I; mg dm⁻³; (4) cmol_c dm⁻³; (5) %

Em dezembro do mesmo ano, na área PA, efetuou-se a semeadura em linha, das cultivares de *Panicum maximum* Jacq., utilizando 10,93 kg ha⁻¹ de sementes da cv. Massai (MA), 6,43 kg ha⁻¹ da Mombaça (MO), e 8,27 kg ha⁻¹ da Tanzânia (TZ), com 18, 33,8 e 23,5% de valor cultural, respectivamente, num delineamento experimental de blocos ao acaso, com 3 ha para cada cultivar. Na semeadura, foram aplicados 70 kg P ha⁻¹ (superfosfato simples e hiperfosfato natural de Arad na proporção 1:1). A área referência (RE), com 9,68 ha, foi uma pastagem de *Brachiaria brizantha* Stapf, implantada em 1995 e, atualmente,

considerada de baixa produtividade, conforme critérios definidos por Muehlmann et al. (2000). A pastagem PA foi fertilizada com 200 kg N ha⁻¹ (sulfato de amônio) e 50 kg K ha⁻¹ (cloreto de potássio), em 4 aplicações: janeiro, março, outubro e dezembro de 2005.

A área de cada cultivar de *P. maximum* Jacq. foi dividida em 11 piquetes de 3.000 m² cada, aproximadamente, limitados com cerca eletrificada. O pastejo teve início em fevereiro de 2005, com 65 vacas em lactação, mestiças sem raça definida, oriundas de cruzamentos entre raças européias (Holandês e Pardo Suíço) e zebuínas (Nelore, Tabapuã e Gir Leiteiro), separadas em três grupos inteiramente ao acaso, identificados com cordas coloridas no pescoço: amarela = TZ; verde = MO; vermelho = MA.

As vacas tiveram livre acesso à sombra, bebedouro e cocho com sal mineral, e foram manejadas conforme a rotina habitual da propriedade nos aspectos sanitário, reprodutivo e de produção (pré-parto e secagem de vacas). Para manter um número semelhante de vacas em cada grupo, adotou-se como critério a substituição de vacas secas por outras recém-paridas, atingindo o máximo de 77 vacas, com média mensal de 71,87 vacas.

Foi utilizado o pastejo noturno, com três dias de ocupação e 30 dias de descanso. No intervalo de tempo entre o final da primeira e o início da segunda ordenha, no período da seca, as vacas receberam alimentação suplementar no cocho, constituída de silagem de sorgo (28/04 a 31/08/05) e cana-de-açúcar aditivada com uréia e sulfato de amônio (1° a 28/09/05), na proporção de 100:0,85:0,15 kg, para compensar o déficit de matéria seca do inverno seco. Além da pastagem e desta suplementação volumosa, durante todo o período experimental as vacas receberam concentrado comercial com 20% de PB, na proporção de 1 kg de concentrado para cada 3 kg de leite produzido, a partir de 8 kg leite vaca dia⁻¹, sendo metade fornecida na primeira e metade na segunda ordenha.

Os volumes de precipitação, ocorridos durante a instalação e condução do experimento, foram coletados no entreposto da COROL - Cooperativa Agroindustrial Ltda, de Jaguapitã-PR, localizado a 7 km da área experimental, aproximadamente (Figura 3.1).

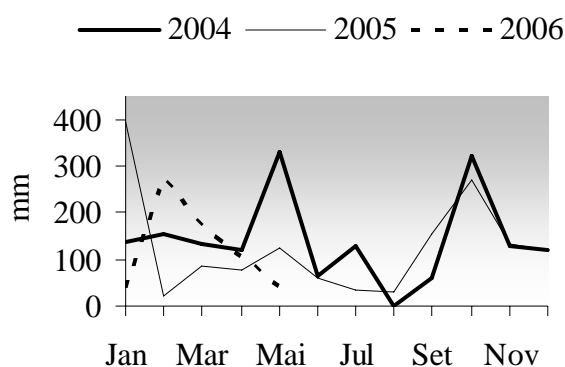


Figura 3.1. Precipitação pluviométrica mensal. Jaguapitã-PR, 2004 a 2006.

Para determinação da resistência do solo à penetração, utilizou-se um penetrômetro de impacto (Stolf et al., 1983), em 20 pontos tomados inteiramente ao acaso em cada tratamento, verificando-se o número de impactos até 0,60 m de profundidade. Os valores obtidos com o penetrômetro, expressos em número de impactos dm^{-1} , foram transformados em força por unidade de área, utilizando-se uma calibração do penetrômetro através da fórmula: $R = 5,6 + 6,89N$, onde R é a resistência do solo à penetração, em kgf cm^{-2} , e N é o número de impactos dm^{-1} . Posteriormente, calculou-se a resistência do solo à penetração em MPa, sendo $1 \text{ MPa} = 10,2 \text{ kgf cm}^{-2}$ (Stolf, 1991). No mesmo dia, foram coletadas 3 amostras de cada tratamento, nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; e 0,40-0,60 m, para determinação da umidade do solo, conforme EMBRAPA (1997).

A resistência do solo à penetração foi determinada em quatro épocas: 1) junho de 2004, antes do preparo do solo; 2) novembro de 2004, após o preparo do solo e antes da semeadura da pastagem; 3) junho de 2005, 4 meses após o início do pastejo; 4) janeiro de 2006, 11 meses após o início do pastejo. Nas duas primeiras épocas, ainda não existia a

pastagem; porém, o local de estabelecimento de cada cultivar de *P. maximum* Jacq. já estava definido através de sorteio. Assim, os resultados são apresentados por tratamentos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o *software Statistical Analysis System* (SAS, 1999), versão 8.02 para Windows.

Nas mesmas épocas em que foi avaliada a resistência do solo à penetração, avaliou-se a fertilidade química do solo, através da análise de uma amostra composta de solo de cada tratamento, formada por 30 amostras simples coletadas nas áreas de TZ, MO e MA, e 100 amostras simples na pastagem RE, em cinco profundidades (0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m). As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Solos do IAPAR, e os resultados não foram analisados estatisticamente.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todos os perfis, observou-se que a umidade foi crescente de 0,00-0,60 m, em todas as épocas de amostragem (Tabela 3.2), variando de 0,009 a 0,031 kg kg⁻¹ na camada mais superficial, até 0,05 m. Na maior profundidade avaliada, 0,40-0,60 m, a umidade variou de 0,041 a 0,069 kg kg⁻¹. A maior retenção de água em camadas mais profundas foi verificada por outros autores (Krawulski, 2002; Thimoteo, 2003; Tavares Filho et al., 2000; 2001; Prado et al., 2002).

De modo geral, os valores de umidade do solo determinados são baixos, o que pode ser explicado pela baixa precipitação pluviométrica nos meses de avaliação, com 66, 128, 60 e 37 mm, respectivamente (Figura 3.1), aliada ao caráter extremamente arenoso do solo estudado, que lhe confere baixa capacidade de retenção de água (PARANÁ, 1994).

Tabela 3.2. Umidade gravimétrica (kg kg^{-1}) de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa sob pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) e *Panicum maximum* Jacq. cultivares Tanzânia (TZ), Mombaça (MO) e Massai (MA), em diferentes épocas. Jaguapitã-PR.

Profundidade (m)	RE	TZ	MO	MA
Junho de 2004				
0,00-0,05	0,021 ⁽¹⁾	0,031	0,023	0,025
0,05-0,10	0,027	0,042	0,032	0,039
0,10-0,20	0,033	0,044	0,042	0,050
0,20-0,40	0,058	0,067	0,055	0,057
0,40-0,60	0,059	0,069	0,054	0,061
Novembro de 2004				
0,00-0,05	0,014	0,023	0,022	0,025
0,05-0,10	0,023	0,039	0,031	0,032
0,10-0,20	0,030	0,050	0,047	0,042
0,20-0,40	0,052	0,056	0,065	0,051
0,40-0,60	0,056	0,059	0,068	0,054
Junho de 2005				
0,00-0,05	0,013	0,021	0,023	0,026
0,05-0,10	0,025	0,032	0,032	0,039
0,10-0,20	0,034	0,051	0,042	0,041
0,20-0,40	0,051	0,053	0,055	0,052
0,40-0,60	0,053	0,054	0,057	0,053
Janeiro de 2006				
0,00-0,05	0,009	0,012	0,015	0,017
0,05-0,10	0,012	0,019	0,022	0,019
0,10-0,20	0,021	0,026	0,029	0,027
0,20-0,40	0,040	0,054	0,059	0,048
0,40-0,60	0,041	0,061	0,062	0,055

⁽¹⁾ Média de 3 repetições.

A RE apresentou o menor conteúdo de água no solo, em todas as profundidades avaliadas, à exceção das camadas de 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m em junho e novembro de 2004. Isso pode estar relacionado às características de baixa produtividade desta pastagem, tornando-a incapaz de promover adequada cobertura do solo, produzindo baixa quantidade de biomassa e aumentando as perdas de água do solo por evaporação (Voorhess e Lindstrom, 1984).

Os teores de umidade do solo obtidos são inferiores ao ponto crítico de compactação, de $0,29 \text{ kg kg}^{-1}$, definido por Figueiredo et al. (2000) para solos argilosos,

acima do qual operações de mobilização do solo, incluído o pisoteio animal, podem comprometer a qualidade do mesmo. Considerando que a pressão exercida pelas patas dos animais atinge dimensões maiores em condições de alta umidade do solo, o pastejo sob baixos teores de umidade pode estar contribuindo para evitar o aumento da resistência à penetração (Tabela 3.3).

A resistência do solo à penetração (Tabela 3.3), em junho de 2004, foi relativamente maior do que nas demais épocas nos tratamentos TZ, MO e MA (Figuras 3.3, 3.4 e 3.5). Já na pastagem RE (Figura 3.2), os valores foram crescentes ao longo do tempo, em todas as camadas. Este fato pode ser explicado pela mobilização do solo dos tratamentos TZ, MO e MA após a primeira época de avaliação, como parte do processo de implantação destas forrageiras, pois as operações de revolvimento, realizadas sob condições de adequada umidade do solo, tendem a aumentar a sua macroporosidade e, conseqüentemente, diminuir a resistência do mesmo à penetração (Prado et al., 2002). Ao mesmo tempo, a ausência de revolvimento do solo da RE, desde 1995, pode ser a causa da maior resistência à penetração verificada neste solo, justificada por Voorhees e Lindstrom (1984) pela baixa produção de biomassa vegetal, incapaz de promover contínua e adequada cobertura do solo e expor o mesmo à ação direta da chuva, levando-o à desagregação das partículas e diminuição da sua porosidade.

Observando os valores de resistência à penetração, obtidos em novembro de 2004 (Tabela 3.3), constata-se que o preparo do solo não foi suficiente para reduzi-los a menos de 2,0 MPa até a profundidade de 0,10-0,20 m, exceto no MA (1,85 MPa). Valores de resistência do solo a partir de 2,0 MPa podem ser considerados impeditivos ao crescimento de raízes no solo (Tormena e Roloff, 1996). Os valores obtidos de resistência à penetração podem reduzir o sistema radicular, que não consegue crescer além da profundidade de 0,20 m, ficando concentrado nesta camada de solo. Os baixos valores de umidade do solo encontrados

também podem ter influência no desenvolvimento radicular, considerando a relação inversa entre umidade do solo e resistência à penetração (Chancellor, 1977; Dexter, 1988; Klein et al., 1998).

Tabela 3.3. Resistência do solo à penetração (MPa) de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa sob pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) e *Panicum maximum* Jacq. cultivares Tanzânia (TZ), Mombaça (MO) e Massai (MA), em diferentes épocas. Jaguapitã-PR.

Profundidade (m)	Tratamento				CV (%)
	RE	TZ	MO	MA	
Junho de 2004					
0,00-0,05	3,72 A ¹	3,73 A	3,84 A	3,94 A	16,06
0,05-0,10	4,17 A	3,67 AB	3,36 B	3,23 B	19,62
0,10-0,20	3,61 AB	4,19 A	2,96 B	2,70 B	36,74
0,20-0,40	2,84 A	2,47 B	2,27 B	2,15 B	17,29
0,40-0,60	1,70 BC	1,92 A	1,75 AB	1,57 C	12,52
Novembro 2004					
0,00-0,05	3,89 A	2,56 B	2,63 B	2,70 B	17,09
0,05-0,10	4,36 A	2,52 B	2,30 B	2,21 B	18,98
0,10-0,20	3,78 A	2,87 B	2,03 C	1,85 C	33,36
0,20-0,40	2,97 A	1,69 B	1,56 B	1,47 B	16,34
0,40-0,60	1,77 A	1,31 B	1,20 BC	1,07 C	12,97
Junho 2005					
0,00-0,05	4,09 A	2,72 B	2,80 B	2,87 B	17,05
0,05-0,10	4,59 A	2,67 B	2,44 B	2,35 B	19,00
0,10-0,20	3,98 A	3,05 B	2,16 C	1,97 C	33,38
0,20-0,40	3,12 A	1,80 B	1,65 B	1,56 B	16,32
0,40-0,60	1,87 A	1,40 B	1,28 BC	1,14 C	13,03
Janeiro 2006					
0,00-0,05	4,40 A	2,60 B	2,68 B	2,74 B	17,49
0,05-0,10	4,93 A	2,56 B	2,34 B	2,25 B	18,94
0,10-0,20	4,27 A	2,92 B	2,06 C	1,88 C	32,48
0,20-0,40	3,36 A	1,72 B	1,58 B	1,49 B	16,12
0,40-0,60	2,01 A	1,34 B	1,22 BC	1,09 C	13,27

¹Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Os valores encontrados nos tratamentos TZ, MO e MA, que passaram de 3,87, 3,39 e 3,29 MPa, na camada de 0,00-0,20 m, para 2,65, 2,32 e 2,25 MPa após o revolvimento do solo (junho e novembro de 2004, respectivamente), parecem não justificar

todas as operações de preparo do solo realizadas, considerando a alta suscetibilidade do mesmo à erosão (PARANÁ, 1994).

Nos tratamentos RE, MO e MA, em todas as épocas (Figuras 3.2, 3.4 e 3.5), a maior resistência à penetração ocorreu até 0,10 m de profundidade, atingindo seu pico máximo (4,93 MPa) aos 0,10 m no RE, em janeiro de 2006. No tratamento TZ, os maiores valores foram verificados em maior profundidade, na camada 0,10-0,20 m, em todas as épocas (Figura 3.3), com o pico de 4,19 MPa, em junho de 2004.

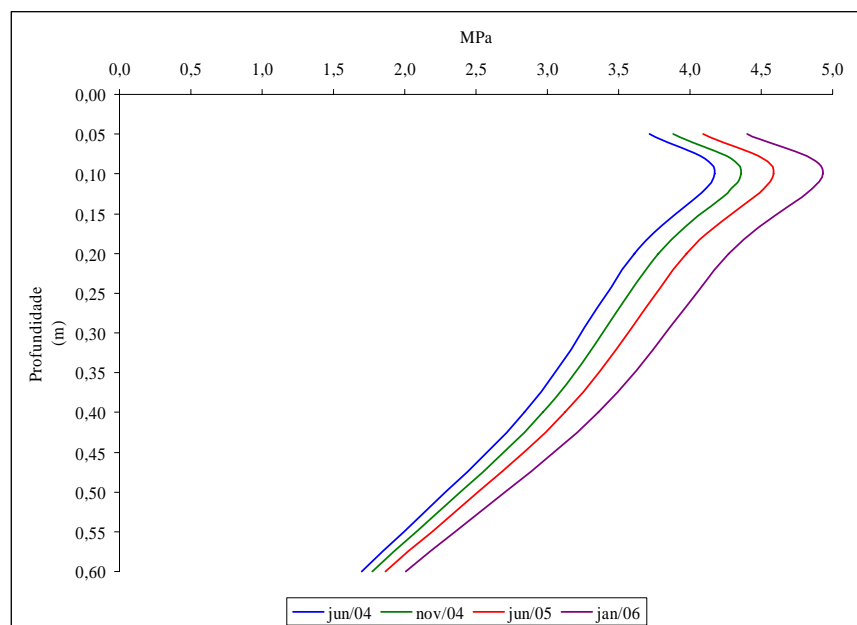


Figura 3.2. Curva da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa, sob pastagem de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) em diferentes épocas. Jaguapitã-PR.

Avaliando pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf sobre o mesmo tipo de solo, Krawulski (2002) obteve os maiores valores de resistência à penetração na camada de 0,10-0,40 m, com valores médios de 2,70, 2,82 e 3,70 MPa, respectivamente, para os tratamentos pastagem em recuperação com aveia preta sob pastejo, pastagem recuperada e pastagem degradada.

Em um Latossolo Vermelho distrófico com $880,00 \text{ g kg}^{-1}$ de areia, cultivado com mandioca, Thimoteo (2003) verificou valores de 1,60 a 2,60 MPa, entre 0,10 e 0,30 m. Tormena e Roloff (1996) e Tavares Fiho et al. (2000, 2001), em solos argilosos, também constataram maior resistência à penetração na profundidade de 0,10-0,30 m.

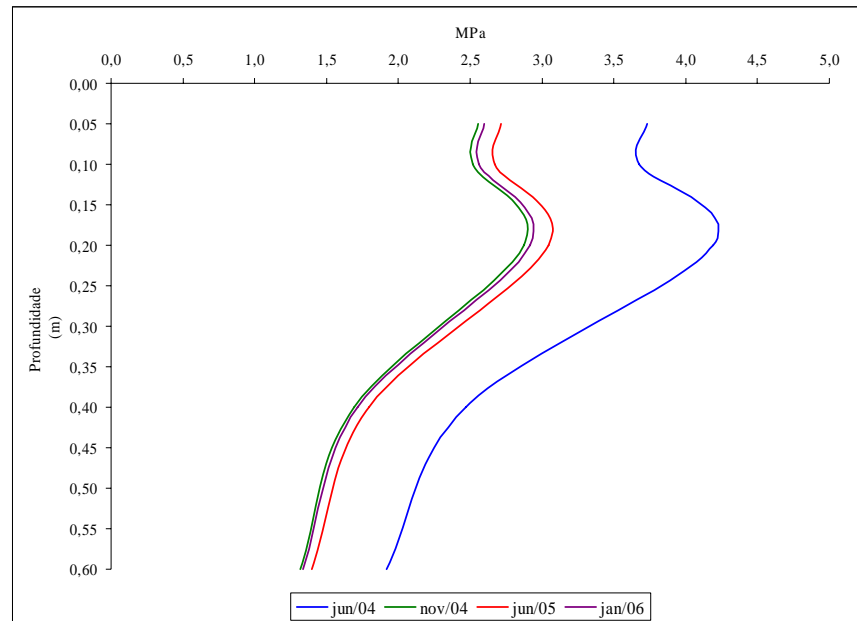
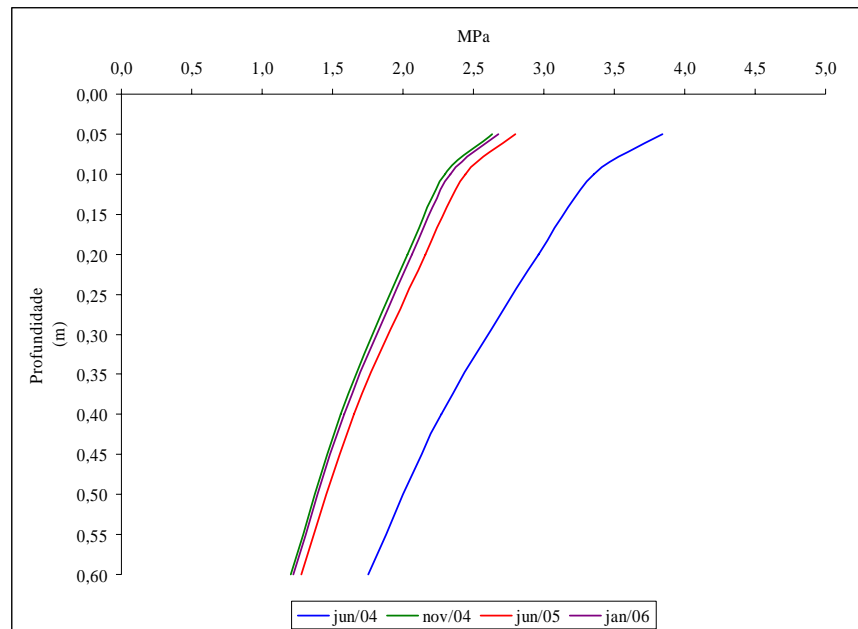


Figura 3.3. Curva da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa, sob pastagem de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia (TZ), em diferentes épocas. Jaguapitã-PR.

Os valores de resistência do solo dos tratamentos TZ, MO e MA, em junho de 2005, são superiores aos de novembro de 2004, indicando a ausência de efeito residual do preparo do solo no curto prazo. Entretanto, estes foram inferiores aos valores de junho de 2004. Em janeiro de 2006, contudo, observaram-se menores valores de resistência à penetração, comparados com junho de 2005 (Tabela 3.3). Este comportamento indica que a recuperação da qualidade do solo inclui a manutenção de abundante cobertura vegetal sobre o mesmo, a qual pode, inclusive, amortecer o impacto provocado pelo pisoteio dos animais (Marun e Mella, 1994; Bertol e Santos, 1995). No tratamento RE ocorreu o inverso, com

valores crescentes de resistência do solo à penetração ao longo do tempo de avaliação (Figura 3.2, Tabela 3.3).



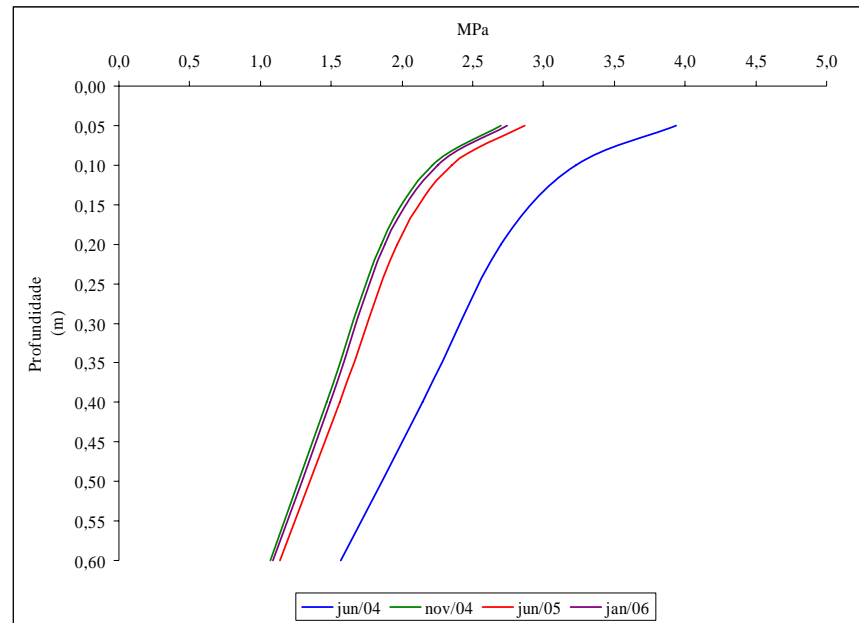


Figura 3.5. Curva da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa, sob pastagem de *Panicum maximum* Jacq. cv. Massai (MA), em diferentes épocas. Jaguapitã-PR.

Com relação ao comportamento químico, os resultados de RE confirmaram o caráter distrófico do solo, bem como o esgotamento da sua fertilidade química (Tabelas 3.1, 3.4, 3.5 e 3.6). Nas 3 épocas avaliadas (novembro de 2004, junho de 2005 e janeiro de 2006), este tratamento apresentou alumínio tóxico e baixos teores de cálcio e magnésio, refletindo na baixa saturação por bases, 14,23 a 41,36%. Apresentou, também, os menores teores de matéria orgânica (0,43 a 12,72 g dm⁻³) e fósforo (0,20 a 5,21 mg dm⁻³). De modo geral, o aporte externo de insumos provocou alterações químicas, principalmente na camada superficial do solo, favorecendo sua eutrofização (Goedert e Lobato, 1988).

Tabela 3.4. Análises químicas de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa sob pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) e *Panicum maximum* Jacq. cvs. Tanzânia (TZ), Mombaça (MO) e Massai (MA). Jaguapitã-PR, novembro de 2004.

Trat ^A	Prof ^B (m)	pH ₍₁₎	MO ₍₂₎	P ₍₃₎	K ⁺ ₍₄₎	Ca ⁺² ₍₄₎	Mg ⁺² ₍₄₎	Al ⁺³ ₍₄₎	V ₍₅₎
RE	0,00-0,05	5,20	12,60	5,21	0,13	0,84	0,44	0,13	41,36
	0,05-0,10	5,20	8,82	3,64	0,13	0,58	0,31	0,13	34,39
	0,10-0,20	5,30	6,30	2,82	0,08	0,48	0,22	0,11	27,55
	0,20-0,40	5,50	1,26	1,23	0,06	1,06	0,42	0,10	38,96
	0,40-0,60	5,10	1,26	0,26	0,03	0,98	0,35	0,06	30,13
TZ	0,00-0,05	5,90	10,08	45,26	0,16	1,93	0,97	0,00	60,13
	0,05-0,10	5,90	9,45	43,21	0,15	1,91	0,85	0,00	59,52
	0,10-0,20	5,80	8,19	41,20	0,14	1,89	1,03	0,00	58,29
	0,20-0,40	5,70	1,89	3,97	0,08	1,67	0,48	0,00	56,14
	0,40-0,60	5,30	1,26	1,41	0,06	1,12	0,32	0,00	52,36
MO	0,00-0,05	5,80	10,10	42,32	0,15	1,89	0,95	0,00	59,55
	0,05-0,10	5,90	8,42	41,25	0,13	1,75	0,74	0,00	58,46
	0,10-0,20	5,60	5,41	40,90	0,13	1,76	0,73	0,00	57,31
	0,20-0,40	5,50	1,76	4,35	0,07	0,79	0,42	0,00	56,42
	0,40-0,60	5,70	1,33	1,65	0,03	0,52	0,27	0,00	56,74
MA	0,00-0,05	5,70	13,24	40,25	0,12	1,82	0,83	0,00	58,21
	0,05-0,10	5,60	8,69	39,52	0,10	1,74	0,71	0,00	27,63
	0,10-0,20	5,70	6,25	25,13	0,09	1,81	0,80	0,00	56,23
	0,20-0,40	5,50	4,23	3,47	0,05	0,82	0,41	0,00	55,41
	0,40-0,60	5,50	1,56	1,67	0,03	0,43	0,33	0,00	54,28

⁽¹⁾ CaCl₂; ⁽²⁾ g dm⁻³; ⁽³⁾ Mehlich I; mg dm⁻³; ⁽⁴⁾ cmol_c dm⁻³; ⁽⁵⁾ %
^ATrat = tratamento; ^BProf = profundidade

A calagem e a adição de fertilizante fosfatado, na semeadura de TZ, MO e MA, corrigiram os principais problemas químicos do solo, que, de modo geral, apresentava teores de nutrientes em níveis muito baixo, baixo ou médio (EMATER, 1998), à exceção do P nos tratamentos TZ, MO e MA, devido à fertilização fosfatada, sendo que a metade da dose aplicada consistiu de fosfato natural, o que pode, inclusive, estar superestimando os

resultados, devido ao extrator utilizado, Mehlich I (EMATER, 1998). Porém, o fornecimento de N às forrageiras pode estar contribuindo para diminuir o pH do solo ao longo do tempo, enquanto a presença contínua de biomassa vegetal sobre o mesmo está possibilitando o aumento do seu teor de matéria orgânica (Tabelas 3.1, 3.4, 3.5 e 3.6).

Tabela 3.5. Análises químicas de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa sob pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) e *Panicum maximum* Jacq. cvs. Tanzânia (TZ), Mombaça (MO) e Massai (MA). Jaguapitã-PR, junho de 2005.

Trat ^A	Prof ^B (m)	pH ₍₁₎	MO ₍₂₎	P ₍₃₎	K ⁺ ₍₄₎	Ca ⁺² ₍₄₎	Mg ⁺² ₍₄₎	Al ⁺³ ₍₄₎	V ₍₅₎
	0,00-0,05	4,90	12,72	4,23	0,11	0,87	0,38	0,14	40,13
	0,05-0,10	4,80	9,23	3,79	0,12	0,52	0,27	0,13	31,38
RE	0,10-0,20	4,90	0,87	3,57	0,09	0,58	0,19	0,11	26,15
	0,20-0,40	4,60	0,74	0,93	0,07	0,46	0,17	0,12	21,18
	0,40-0,60	4,30	0,52	0,25	0,04	0,28	0,12		

Para Soares Filho et al. (1996), é o esgotamento da fertilidade natural do solo que tem conduzido os pecuaristas, ao longo do tempo, à cíclica substituição das espécies forrageiras, buscando aquelas tidas como menos exigentes em nutrientes, porém, freqüentemente, de menor valor nutritivo, como é o caso das espécies do gênero *Brachiaria*. No entanto, mesmo estas forrageiras passam a apresentar produções medíocres de biomassa, por conta da baixa qualidade do solo.

Tabela 3.6. Análises químicas de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa sob pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) e *Panicum maximum* Jacq. cvs. Tanzânia (TZ), Mombaça (MO) e Massai (MA), Jaguapitã-PR, janeiro de 2006.

Trat ^A	Prof ^B (m)	pH ₍₁₎	MO ₍₂₎	P ₍₃₎	K ⁺ ₍₄₎	Ca ⁺² ₍₄₎	Mg ⁺² ₍₄₎	Al ⁺³ ₍₄₎	V ₍₅₎
RE	0,00-0,05	4,80	10,23	4,11	0,10	0,71	0,32	0,15	33,41
	0,05-0,10	4,70	7,52	3,51	0,10	0,48	0,21	0,13	30,28
	0,10-0,20	4,90	0,74	3,55	0,09	0,56	0,17	0,11	25,22
	0,20-0,40	4,50	0,61	0,81	0,05	0,41	0,15	0,10	20,19
	0,40-0,60	4,20	0,43	0,20	0,03	0,25	0,13	0,05	14,23
TZ	0,00-0,05	5,80	14,28	57,52	0,16	1,74	0,85	0,04	55,12
	0,05-0,10	5,70	10,52	52,78	0,15	1,58	0,74	0,03	50,47
	0,10-0,20	4,90	1,38	55,20	0,08	1,30	0,61	0,03	41,59
	0,20-0,40	4,70	2,12	9,41	0,08	1,24	0,29	0,00	35,16
	0,40-0,60	4,70	1,06	3,46	0,07	0,52	0,21	0,00	29,22
MO	0,00-0,05	5,60	17,52	56,52	0,16	1,66	0,74	0,02	49,12
	0,05-0,10	5,40	11,23	55,25	0,15	1,52	0,61	0,03	43,49
	0,10-0,20	4,80	2,51	54,12	0,12	1,28	0,62	0,00	40,25
	0,20-0,40	4,60	1,55	6,23	0,09	0,65	0,28	0,00	25,63
	0,40-0,60	4,30	1,26	2,77	0,07	0,35	0,24	0,00	20,18
MA	0,00-0,05	4,80	15,25	55,47	0,17	1,77	0,57	0,02	47,12
	0,05-0,10	4,60	12,36	54,93	0,15	1,52	0,62	0,05	42,38
	0,10-0,20	4,60	1,48	55,35	0,11	1,33	0,65	0,04	39,40
	0,20-0,40	4,40	1,47	3,85	0,09	1,21	0,41	0,00	32,59
	0,40-0,60	4,20	1,29	1,65	0,08	0,62	0,32	0,00	19,28

(1) CaCl₂; (2) g dm⁻³; (3) Mehlich I; mg dm⁻³; (4) cmol_c dm⁻³; (5) %
^ATrat = tratamento; ^BProf = profundidade.

3.6 CONCLUSÕES

1. A fertilidade química do solo é fator limitante para o tipo de solo estudado.
2. A resistência à penetração aumenta quando o solo é submetido a longo período sem revolvimento.
3. Resistência do solo à penetração acima de 1,88 MPa concentra o enraizamento da pastagem a 0,20 m, reduzindo a profundidade efetiva das raízes.

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical properties for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONMES, A. J. (Ed.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141. (SSSA Special Publication, 49).

BARLEY, K. P.; GREACEN, E. L. Mechanical resistance as a soil factors influencing the growth of roots underground shoots. **Advances Agronomy**, New York, v.19, p.1-43, 1967.

BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, London, n.41, p.341-358, 1990.

BERTOL, I.; SANTOS, J. C. P. Uso do solo e propriedades físico-hídricas no Planalto Catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.263-267, 1995.

CARVALHO, S. R. **Influência de dois sistemas de manejo de pastagens na compactação de uma Terra Roxa Estruturada**. 1976. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, SP.

CECATO, U.; REGO, F. C. A.; JOBIM, C. C. Produção de pastagens para produção de leite. In: SUL-LEITE SIMPÓSIO SOBRE A SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002, p. 46-76.

CHANASYK, D. S.; NAETH, M. A. Grazing impacts on bulk density and soil strength in the foothills fescue grasslands of Alberta, Canada. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.24, n.2, p.551-557, 1995.

CHANCELLOR, W. J. **Compaction of soil by agricultural equipment**. Berkeley: University of California, Division of Agricultural Sciences, Bulletin n.1881, 53p. 1977.

DAVIES, A. W.; ADAMS, A.; WILMAN, D. Soil compaction in permanent pasture and its amelioration by slitting. **Journal of Agricultural Science**, v.113, p.189-197, 1989.

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.11, n.1, p.199-237, 1988.

EHLERS, W. W.; KÖPKE, F.; HESSE, F.; BÖHM, W. Penetration resistance and growth root of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.3, p.261-275, 1983.

EMATER. Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Análises de solo. Tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação dos resultados**. 2.ed. Curitiba: EMATER-Paraná, 1998. 64 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Sistema Nacional de Levantamento e Classificação de Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FIGUEIREDO, L. H. A.; DIAS JÚNIOR, M. S.; FERREIRA, M. M. Teor de água crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo num Latossolo Vermelho eutrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.487-493, 2000.

FNP. Consultoria e Comércio. ANUALPEC 2001 – **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: 2001. 359 p.

GERARD, C. J.; SEXTON, P.; SHAW, G. Physical factors influencing soil strength and root growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.875-879, 1982.

GOEDERT, W.; LOBATO, E. Agronomic considerations of modern agriculture on oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP. CLASSIFICATION, CHARACTERIZATION AND UTILIZATION OF OXISOLS, 8., Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro, 1988. p. 203-210.

HAKANSSON, I; VOORHEES, W. B. Soil compaction. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Ed.) **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: CRC, 1998. p. 167-179.

HAVEREN, B. B. Soil bulk density as influenced by grazing intensity and soil type on a shortgrass prairie site. **Journal of Range Management**, Denver, v.36, n.5, p.586-588, 1983.

HERLING, V. R.; RODRIGUES, L. R. A.; LUZ, P. H. C. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: PLANEJAMENTO E SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM PASTAGENS, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p. 157-192.

HORN, R.; LEBERT, M. Soil compaction and compressibility. In: SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. (Ed.). **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 45-69. (Developments in Agricultural Engineering, 11).

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994. 49 p.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. da Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.2, p.45-54, 1998.

KRAWULSKI, C. C. **Caracterização química e física de um Latossolo Vermelho do Arenito Caiuá sob diferentes sistemas de recuperação de pastagem**. 2002. 38 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, PR.

MACEDO, M. C. M. Pastagens nos ecossistemas cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, Brasília, 1995. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 28-62.

MARTINS, P. C. O leite como instrumento de desenvolvimento regional. In: FERNANDES, E. N.; MARTINS, C. E.; DÜRR, J. W.; LONDINSKY, A.; OLIVEIRA, A. F.; SILVA, P. H. F.; KRUG, E. E. B.; MARTINS, P. C.; LEÓN, E. F.; ARCURI, P. B. (Ed.). **Tendências e avanços do agronegócio do leite nas Américas: economia e mercado**. Montevideo: Federação Pan-Americana do Leite; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Porto Alegre: Associação Gaúcha de Laticinistas, 2006. p. 11-18.

MARUN, F.; MELLA, S. C. **Recuperação de pastagens no Noroeste do Paraná através da sucessão de culturas por um ano**. Londrina: IAPAR, 1994. 15 p. (IAPAR, Informe da Pesquisa, 111).

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.197-202, 1999.

MORAES, A. Pastagens como fator de recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2., Jaboticabal, 1993. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1993. p. 191-215.

MUEHLMANN, L. D.; PFAU, L. A.; RAMOS, M. R.; MOTTA JÚNIOR, R. **Produção de leite a pasto: modelos técnicos**. Curitiba: EMATER-PR, 2000. 88 p.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Paraná Rural. Programa de Desenvolvimento Rural do Paraná. **Manual Técnico do Sub-Programa de Manejo e Conservação do Solo**. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, 1994. 372 p.

PELLINI, T. A bovinocultura no Estado do Paraná: evolução recente e importância. In: MONTEIRO, A. L. M.; MORAES, A.; CÔRREA, E. A. S.; OLIVEIRA, J. C.; SÁ, J. P. G.; ALVES, S. J.; POSTIGLONI, S. R.; CECATO, U. (Ed.). **Forragicultura no Paraná**. Londrina: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 1996. p. 1-14.

PRADO, R. M.; ROQUE, C. G.; SOUZA, Z. M. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1795-1801, 2002.

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 Agricultural Research**, Melbourne, v.44, n.2, p.317-331, 1993.

RAUEN, M. J.; SÁ, J. C. M.; OLIVEIRA, E. F. Considerações sobre os principais solos do Paraná. In: MONTEIRO, A. L. M.; MORAES, A.; CÔRREA, E. A. S.; OLIVEIRA, J. C.; SÁ, J. P. G.; ALVES, S. J.; POSTIGLONI, S. R.; CECATO, U. (Ed.). **Forragicultura no Paraná**. Londrina: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 1996. p. 23-30.

SAS Institute. Property software release 8. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999. 956 p.

SOARES FILHO, C.; MELLA, S. C.; MARUN, F. **Reforma de pastagens**. In: MONTEIRO, A. L. M. et al. (Ed.). Forragicultura no Paraná. Londrina: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 1996. p. 123-140.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; MAZZA, J. A. Manejo físico de solos sob pastagem. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed.). **Fundamentos do pastejo rotacionado**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrícolas Luiz de Queiroz, 1999. p. 25-37.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 1, n.3, p. 18-23, 1983.

STOLF, R.; Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.229-235, 1991.

TAVARES FILHO, J.; EIRA, G. C.; FARINHA, L. R. L. Avaliação da compactação em um solo cultivado no sistema convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.2, p.219-225, 2000.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I.C.B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.725-730, 2001.

TAYLOR, H. M.; GARDNER, H. R. Penetration of cotton seedlings taproots as influenced by bulk density, moisture content and strenght soil. **Soil Science**, Baltimore, v.96, p.153-156, 1963.

THIMOTEO, C. M. S. **Influência dos sistemas de manejo na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2003. 72 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, PR.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, n.2, p.333-339, 1996.

VILELA, D.; LEITE, J. L. B.; RESENDE, J. C. Políticas para o leite no Brasil: passado, presente e futuro. In: SUL-LEITE SIMPÓSIO SOBRE A SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002, p.1-26.

VOORHEES, W. B.; LINDSTROM, M. J. Soil compaction on conservation tillage in the northern corn belt. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.38, n.5, p.307-311, 1984.

WILLATT, S. T.; PULLAR, D. M. Changes in soil physical properties under grazed pastures. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.22, n.4, p.343-348, 1983.

4. BIOMASSA RADICULAR DE *Panicum maximum* Jacq. CULTIVARES MASSAI, MOMBAÇA E TANZÂNIA SOB PASTEJO INTENSIVO ROTACIONADO E RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TEXTURA ARENOSA

4.1 RESUMO

A alimentação do rebanho bovino leiteiro do Arenito Caiuá está baseada nas pastagens perenes tropicais. Esses sistemas de produção, predominantemente extensivos, em pastagens do gênero *Brachiaria* com diferentes graus de degradação, resultam em baixas produções de biomassa forrageira, as quais são submetidas, em intervalos regulares de tempo, a diferentes formas de recuperação. O processo de recuperação de pastagens a partir do revolvimento do solo com cultivos anuais e posterior implantação de espécies forrageiras consideradas melhoradas, para introdução de sistemas intensivos de pastejo, tem sido adotado como um recurso para amenizar os problemas da compactação e da fertilidade química do solo, e aumentar a produtividade dos sistemas de produção. Entretanto, pouco se sabe sobre os efeitos deste processo de recuperação de pastagens na compactação do solo e no enraizamento. Com o objetivo de avaliar estes efeitos, realizou-se um ensaio no município de Jaguapitã-PR, em um sistema de produção de leite a pasto constituído de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai (MA), Mombaça (MO) e Tanzânia (TZ), dividido em áreas de 3,0 ha para cada cultivar, num delineamento experimental de blocos ao acaso. Estes tratamentos foram semeados em dezembro de 2004 e submetidos, a partir de fevereiro de 2005, ao pastejo intensivo rotacionado e noturno de vacas mestiças em lactação, com 3 dias de pastejo e 29 de descanso. Em janeiro de 2006, foram efetuadas as seguintes avaliações: I) resistência do solo à penetração até 0,60 m de profundidade, utilizando-se um penetrômetro de impacto; II) biomassa radicular, pelo método do trado. Além das pastagens formadas pelas 3 cultivares de *P. maximum* Jacq., avaliou-se uma pastagem degradada de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE). A maior resistência do solo à penetração foi constatada na profundidade de 0,05-0,10 m, em todos os tratamentos. RE apresentou valores acima de 2,0 MPa em todas as profundidades, com o pico de 4,93 MPa a 0,10 m, resultando em menor biomassa de raízes totais (4.941,88 Mg cm⁻³ solo), em comparação com os tratamentos TZ (7.781,57 Mg cm⁻³), MA (8.854,97 Mg cm⁻³) e MO (11.837,09 Mg cm⁻³). As raízes finas predominaram em todos os tratamentos e profundidades (59,82 a 94,63% das raízes totais), e os maiores percentuais de raízes grossas (33,10 e 40,18%) foram verificados na cultivar Mombaça. A profundidade efetiva das raízes foi encontrada a 0,20 m, onde se concentraram de 89,19 a 93,09% das raízes totais das plantas forrageiras avaliadas.

Palavras-chave: compactação do solo, raízes, manejo de pastagem, pisoteio animal, Arenito.

ROOT BIOMASS OF *Panicum maximum* Jacq. MASSAI, MOMBAÇA AND TANZÂNIA CULTIVARS UNDER INTENSIVE ROTATIONAL GRAZING AND RESISTANCE TO PENETRATION OF A DISTROPHIC RED LATOSOL

4.2 ABSTRACT

Feeding resources for dairy herds in the area of the Arenito Caiua is based on perennial tropical pastures, predominantly from extensive management, *Brachiaria* pasture at different degradation level which in turn, results in low forage biomass production, and are submitted to different recovering techniques from time to time. The recovering process for pastures from soil turning over from annual cultivation and posterior use of better forage species has been employed aiming to reducing compacting and chemical soil problems and consequently increasing productivity in a intensive management system. However, little is known about the effects of this pasture recovering process over soil compacting and plants rootage. Aiming to evaluate these effects over pasture a trial was conducted in a dairy production system located at Jaguapitã county, in State of Parana, Brazil. The pasture composed of *Panicum maximum* Jacq. Massai (MA), Mombaça (MO) and Tanzânia (TZ) cultivars was divided into 3.0 ha for each cultivar in a Randomized Block Experimental Design. Grasses were seeded in December 2004 and submitted to intensive rotational grazing from February 2005 for 3 nights and 29 resting days, in each grazing cycle. In January 2006, evaluation were performed considering: I) resistance to soil penetration up to 0.60 m depth, using a impact penetrometer; II) rootage biomass through Auger Method. A reference pasture of *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) was also evaluated. The highest resistance to penetration was observed at 0.05-0.10m depth in all treatments. The RE showed values higher than 2.0MPa at all depths, reaching maximum level of 4.93 MPa at 0.10m, and resulting in a lower total root biomass (4,941.88 Mg cm⁻³) in comparison to treatments TZ (7,781.57 Mg cm⁻³), MA (8,854.97 Mg cm⁻³) and MO (11,837.09 Mg cm⁻³). Fine roots were predominant in all treatments and depths (59.82% to 94.63% from total roots), and highest thick roots were observed in Mombaça cultivar. The effective depth was found at 0.20m, whereas 89.19% to 93.09% of total roots of forage plants were found.

Key words: soil compaction, roots, pasture management, animal trampling, Arenito.

4.3 INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho comercial mundial de bovinos, com 161 milhões de cabeças e produção aproximada de 7 milhões de toneladas de equivalente carcaça ao ano (FNP, 2001), sendo a pecuária praticada em todo o território nacional, tanto para produção de carne quanto de leite. A pecuária leiteira se faz presente em mais de 1 milhão de propriedades rurais e, somente na produção primária, gera acima de 3 milhões de empregos e agrega mais de R\$ 6 bilhões ao valor da produção agropecuária nacional (Vilela et al., 2002), o que lhe confere grande importância econômica e social, com produção atual em torno de 24 bilhões de litros de leite ao ano (Martins, 2006).

O potencial produtivo das pastagens é determinado por fatores relacionados à espécie forrageira, ao clima e ao solo. O solo, por sua vez, pode impor limitações ao crescimento das plantas, pela maior ou menor capacidade de supri-las com nutrientes, água e oxigênio, tendo esta relação direta com resistência favorável à penetração das raízes.

A compactação causada pelo pisoteio dos animais, representada pelo aumento da resistência do solo à penetração, contribui para reduzir a produtividade e a longevidade das pastagens (Imhoff et al., 2000), influenciando na capacidade da forrageira resistir à períodos de estresse hídrico e competir por nutrientes (Herling et al., 2001).

A resistência oferecida pelo solo à penetração das raízes é drasticamente alterada quando ocorre degradação da estrutura do solo, e constitui um indicador mais sensível do efeito do pisoteio dos animais na estrutura do que a densidade do solo (Chanasyk e Naeth, 1995).

Na avaliação da resistência à penetração, tem sido utilizada a penetrometria, pela facilidade e rapidez na obtenção dos resultados, que indicam a resistência

à qual a raiz pode ser submetida durante seu crescimento, apesar das diferenças óbvias entre uma raiz e um cone metálico (Barley e Greacen, 1967; Benghoungh e Mullins, 1990).

Porém, os valores de resistência à penetração em que o crescimento radicular é inibido são muito amplos. Taylor e Gardner (1963) afirmam ser 3,0 MPa. Para Gerard et al. (1982), a resistência crítica ao desenvolvimento das raízes situa-se entre 6,0 e 7,0 MPa em solos de textura arenosa, e 2,5 MPa em solos argilosos. Ehlers et al. (1983) consideram como sendo acima de 5,0 MPa. Tormena e Roloff (1996), acima de 2,0 MPa, enquanto Merotto e Mundstock (1999) e Tavares Filho et al. (2000, 2001) relatam que valores entre 1,0 e 3,5 MPa podem restringir ou até impedir o crescimento e desenvolvimento das raízes. Essa amplitude de valores pode ser decorrente de fatores como umidade do solo e características da espécie vegetal (Dexter, 1988). Arshad et al. (1996) definem sete classes de resistência do solo à penetração, expressa em MPa: *extremamente baixa* (< 0,01); *muito baixa* (0,01 – 0,1); *baixa* (0,1 – 1,0); *moderada* (1,0 – 2,0); *alta* (2,0 – 4,0); *muito alta* (4,0 – 8,0); e *extremamente alta* (> 8,0).

As informações disponíveis sobre raízes não são muitas, e pouco se conhece sobre os mecanismos de crescimento radicular (Scurlock e Hall, 1998; Matta, 1999; Bono et al., 2000). As respostas dos vegetais ao seu ambiente têm sido restritas, predominantemente, a estudos da parte aérea, em função das dificuldades existentes para investigações do sistema radicular (Voorhees et al., 1980).

Em um sistema de pastejo, a parte aérea é mais estudada e valorizada porque é consumida pelos animais (Cecato et al., 2000; Gerdes et al., 2000; Brâncio et al., 2002; Lacerda et al., 2004). Embora não sejam consumidas, as raízes devem ser estudadas pela sua capacidade de armazenar carboidratos e proteínas, o que influencia diretamente a rebrota após o consumo das folhas pelos animais. O pastejo afeta diretamente o crescimento do sistema radicular, influenciando na capacidade das plantas forrageiras de resistir a períodos de

estresse hídrico e competir por nutrientes no solo (Herling et al., 2001). O conhecimento do sistema radicular pode orientar práticas para aumentar a perenidade e a produtividade da pastagem, indicando, por exemplo, a camada de solo onde se concentra a maior proporção de raízes (Da Costa et al., 1983; Carvalho, 1999; Bono et al., 2000; Giacomini et al., 2005).

Avaliações do sistema radicular de plantas forrageiras desenvolvidas em vasos e até mesmo em soluções nutritivas (Lavres Júnior e Monteiro, 2003), não refletem as condições da pastagem sob pastejo e, portanto, não avaliam as interações solo - planta - animal. Entre os diversos métodos utilizados *in situ*, o Método do Trado (Böhm, 1979), baseado na extração de porções de solo com raízes, permite avaliações quantitativas e qualitativas das raízes, bem como do desenvolvimento sistemático do enraizamento, e consiste em um método não destrutivo.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o sistema radicular de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia, em comparação com uma pastagem referência, de baixa produtividade, constituída de *Brachiaria brizantha* Stapf, implantadas em um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa, e sua relação com a resistência deste solo à penetração.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Jaguapitã, PR, situado à 23°02'52"S e 51°33'32"O, com altitude de 557 m e clima tipo Cfa, da classificação de Köppen (IAPAR, 1994). O arenito Formação Caiuá é o material de origem do solo estudado, classificado como Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa (EMBRAPA, 1999), com 858,80, 129,51 e 11,59 g kg⁻¹ de areia, argila e silte, respectivamente, na camada de 0,00-0,20

m, densidade de partículas de $2,67 \text{ g dm}^{-3}$ e densidade de solo de $1,62 \text{ g dm}^{-3}$ (Krawulski, 2002).

A área avaliada consiste em um módulo de produção de leite a pasto de 9,9 ha, cultivada durante os 5 anos anteriores com milho e sorgo, no verão, para produção de silagem, e com aveia preta no inverno, para pastejo.

Em junho de 2004, foram retiradas amostras compostas de solo da camada de 0,00-0,20 m, formada por 90 amostras simples cada, da área onde seria implantada a pastagem (PA) e da área referência (RE), e enviadas ao Laboratório de Solos do IAPAR, em Londrina-PR, para análises químicas (Tabela 4.1). Em setembro, realizou-se a calagem para elevação da saturação por bases a 60%, de acordo com a análise do solo, seguida de 1 gradagem aradora e 2 gradagens niveladoras.

Tabela 4.1. Análises químicas do solo das áreas experimentais. Jaguapitã-PR, 2004.

	pH ₁	M.O ₂	P ₃	K ⁺ ₄	Ca ⁺² ₄	Mg ⁺² ₄	Al ⁺³ ₄	V ₅
Área PA	4,80	0,90	15,20	0,06	1,01	0,45	0,05	39,32
Área RE	4,90	0,69	3,64	0,08	0,60	0,22	0,10	27,55

(1) CaCl₂; (2) g dm^{-3} ; (3) Mehlich I; mg dm^{-3} ; (4) $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; (5) %

Em dezembro do mesmo ano, na área PA, efetuou-se a semeadura, em linha, das cultivares de *Panicum maximum* Jacq., utilizando $10,93 \text{ kg ha}^{-1}$ de sementes da cv. Massai (MA), $6,43 \text{ kg ha}^{-1}$ da Mombaça (MO), e $8,27 \text{ kg ha}^{-1}$ da Tanzânia (TZ), com 18, 33,8 e 23,5% de valor cultural, respectivamente, num delineamento em blocos ao acaso, com 3,0 ha para cada cultivar. Na semeadura, foram aplicados 70 kg P ha^{-1} (superfosfato simples e hiperfosfato natural de Arad, na proporção 1:1). A área referência (RE), com 9,68 ha, foi uma pastagem de *Brachiaria brizantha* Stapf., implantada em 1995 e, atualmente, considerada de baixa produtividade, conforme critérios definidos por Muehlmann et al. (2000). A área de

pastagem PA foi fertilizada com 200 kg N ha⁻¹ (sulfato de amônio) e 50 kg K ha⁻¹ (cloreto de potássio), em 4 aplicações: janeiro, março, outubro e dezembro de 2005.

A área de cada cultivar de *P. maximum* Jacq. foi dividida em 11 piquetes de 3.000 m² cada, aproximadamente, limitados com cerca eletrificada. O pastejo teve início em fevereiro de 2005, com 65 vacas em lactação, mestiças sem raça definida, oriundas de cruzamentos entre raças européias (Holandês e Pardo Suíço) e zebuínas (Nelore, Tabapuã e Gir Leiteiro), com peso vivo médio de 507 kg, separadas em três grupos inteiramente ao acaso e identificadas com cordas coloridas no pescoço: amarela = TZ; verde = MO; vermelho = MA.

As vacas tiveram livre acesso à sombra, bebedouro e cocho com sal mineral, e foram manejadas conforme a rotina habitual da propriedade nos aspectos sanitário, reprodutivo e de produção (pré-parto e secagem de vacas). Para manter um número semelhante de vacas em cada grupo, adotou-se como critério a substituição de vacas secas por outras recém-paridas, atingindo o máximo de 77 vacas, com média mensal de 71,87 vacas.

Foi utilizado o pastejo noturno, com entrada dos animais nos piquetes após a segunda ordenha do dia, por volta das 17 horas, e permanência até as seis horas do dia seguinte, com 3 dias de ocupação e 30 dias de descanso. No intervalo de tempo entre o final da primeira e o início da segunda ordenha, no período da seca, as vacas receberam alimentação suplementar no cocho, constituída de silagem de sorgo (28/04 a 31/08/05) e cana-de-açúcar aditivada com uréia e sulfato de amônio (1^o a 28/09/05), na proporção de 100:0,85:0,15 kg, para compensar o déficit de matéria seca característico do inverno seco. Além da pastagem e desta suplementação volumosa, durante todo o período experimental as vacas receberam concentrado comercial com 20% de PB, na proporção de 1 kg de concentrado para cada 3 kg de leite produzido, a partir de 8 kg leite vaca dia⁻¹, sendo metade fornecida na primeira e metade na segunda ordenha.

Os volumes de precipitação, ocorridos durante a instalação e condução do experimento, foram coletados no entreposto da COROL - Cooperativa Agroindustrial Ltda, em Jaguapitã-PR, localizado a 7 km da área experimental, aproximadamente (Figura 4.1).

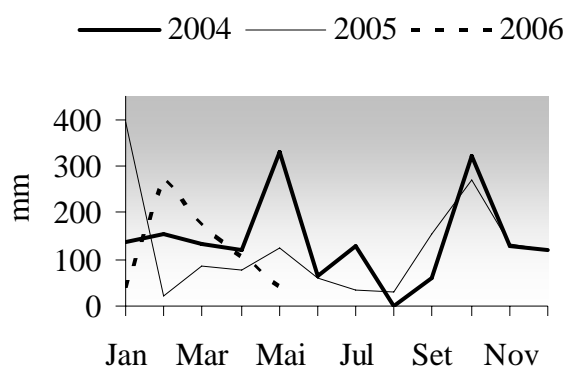


Figura 4.1. Precipitação pluviométrica mensal. Jaguapitã, PR, 2004 a 2006.

As amostras de solo para avaliação radicular foram coletadas em janeiro de 2006, na fase de pleno desenvolvimento vegetativo da pastagem e após 11 meses de pastejo, através do Método do Trado (Böhm, 1979). A extração das amostras foi feita com um trado cilíndrico de base serrilhada, com 7,4 cm de diâmetro interno, em 5 profundidades (0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; e 0,40-0,60 m) e 20 repetições por tratamento, tomadas totalmente ao acaso, ao lado da base de touceiras representativas da unidade experimental. Após a coleta, as amostras de solo com raízes, com volumes de $0,215 \text{ dm}^{-3}$ para as 2 camadas de 0,05 m; de $0,430 \text{ dm}^{-3}$ para a camada de 0,10 m; e de $0,860 \text{ dm}^{-3}$, para as 2 camadas de 0,20 m, respectivamente, foram levadas ao Laboratório de Raízes da UEL e lavadas em água corrente, utilizando-se uma peneira metálica com malha de 1 mm, separando as raízes do solo, com posterior seleção das mesmas em 'grossas' e 'finas', as quais foram envoltas em papel toalha e colocadas em estufa com circulação forçada a 50°C por 48 horas. Depois de secas, as raízes foram pesadas em balança analítica, obtendo-se gramas de massa seca de raízes.

Posteriormente, os valores foram calculados em megagramas de raízes por cm^{-3} de solo (Mg cm^{-3} solo).

Para determinação da resistência do solo à penetração, utilizou-se um penetrômetro de impacto (Stolf et al., 1983), em 20 pontos tomados inteiramente ao acaso em cada tratamento, verificando-se o número de impactos até 0,60 m de profundidade, em janeiro de 2006. Os valores obtidos com o penetrômetro, expressos em nº de impactos dm^{-1} , foram transformados em força por unidade de área, utilizando-se uma calibração do penetrômetro através da fórmula: $R = 5,6 + 6,89N$, onde R é a resistência do solo à penetração, em kgf cm^{-2} , e N é o número de impactos dm^{-1} . Posteriormente, calculou-se a resistência do solo à penetração em MPa, sendo $1 \text{ MPa} = 10,2 \text{ kgf cm}^{-2}$ (Stolf, 1991). No mesmo dia, foram coletadas 3 amostras de solo de cada tratamento, nas profundidades de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,40; e 0,40-0,60 m, para determinação da umidade do solo (EMBRAPA, 1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o *software Statistical Analysis System* (SAS, 1999), versão 8.02 para Windows. Já os dados de massa seca de raízes, anteriormente à análise estatística, foram transformados segundo metodologia de Box e Cox descrita por Barbin (2003). Os valores de raízes foram transformados em $(x+0,05)^{0,2997}$; em $(x+0,05)^{-0,1629}$; e em $x^{-0,0538}$, para raízes grossas, finas e totais, respectivamente, com o objetivo de homogeneizar as variâncias dos tratamentos.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No momento da avaliação da resistência do solo à penetração, observou-se que a umidade foi crescente no perfil de solo analisado (Tabela 4.2), com teores médios de

0,013, 0,018, 0,026, 0,051 e 0,054 kg kg⁻¹ nas profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, respectivamente. Os menores teores de umidade do solo foram constatados nas camadas superficiais do solo, com variação de 0,009 e 0,022 kg kg⁻¹, e os maiores na profundidade de 0,40-0,60 m, de 0,041 a 0,061 kg kg⁻¹.

Resultados semelhantes foram obtidos por Krawulski (2002), no mesmo solo e nas mesmas profundidades. Em um Latossolo Vermelho distrófico com 880,00 g kg⁻¹ de areia cultivado com mandioca, Thimoteo (2003) determinou valores de umidade variando de 0,058 a 0,097 kg kg⁻¹, sendo os maiores teores verificados no solo anteriormente cultivado com nabo forrageiro (0,082 a 0,097 kg kg⁻¹). Tavares Filho et al. (2000), em um Nitossolo cultivado no sistema de preparo convencional, determinaram umidades de 0,18 e 0,20 kg kg⁻¹, respectivamente, nas camadas de 0-0,20 e 0,20-0,60 m.

Tabela 4.2. Umidade gravimétrica (kg kg⁻¹) de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa sob pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) e *Panicum maximum* Jacq. cultivares Tanzânia (TZ), Mombaça (MO) e Massai (MA). Jaguapitã-PR, 2006.⁽¹⁾

Profundidade (m)	RE	TZ	MO	MA
0,00-0,05	0,009	0,012	0,015	0,017
0,05-0,10	0,012	0,019	0,022	0,019
0,10-0,20	0,021	0,026	0,029	0,027
0,20-0,40	0,040	0,054	0,059	0,048
0,40-0,60	0,041	0,061	0,062	0,055

⁽¹⁾ Média de 3 repetições.

Os valores de umidade determinados foram baixos, o que pode ser explicado pela precipitação pluviométrica de apenas 37 mm em todo o mês de janeiro de 2006 (Figura 4.1), aliada ao caráter extremamente arenoso do solo estudado, que lhe confere baixa capacidade de retenção de água. O solo da RE apresentou o menor conteúdo de água, em todas as profundidades avaliadas. Isso pode ser explicado pelo baixo crescimento da forrageira, verificado visualmente, tornando-a incapaz de promover adequada cobertura do

solo, produzindo baixa quantidade de biomassa e aumentando as perdas de água do solo por evaporação (Voorhess e Lindstrom, 1984).

Na área de pastagem formada pelas cultivares de *P. maximum* Jacq. a umidade do solo se mostrou homogênea. Na camada de 0,00-0,05 m, o maior teor de água foi determinado na MA (0,017 kg kg⁻¹). Nas demais profundidades, a MO apresentou os maiores valores, respectivamente (0,022, 0,029, 0,059 e 0,062 kg kg⁻¹) (Tabela 4.2).

Os teores de umidade do solo obtidos foram inferiores ao valor de 0,29 kg kg⁻¹, definido por Figueiredo et al. (2000) como sendo o ponto crítico de compactação, recomendando executar operações motomecanizadas no solo apenas com umidade inferior a este valor. Como a pressão exercida pelas patas dos animais, entre 0,25 e 0,49 MPa para bovinos de 400 a 500 kg de peso vivo, na profundidade de 0,05-0,10 m (Carvalho, 1976; Proffitt et al., 1993) pode atingir dimensões maiores em condições de alta umidade do solo, o pastejo sob baixos teores de umidade pode estar contribuindo para evitar o aumento da resistência à penetração.

Em todos os tratamentos, a maior resistência à penetração ocorreu entre 0,05 e 0,10 m de profundidade, atingindo seu pico máximo (4,93 MPa) aos 0,10 m no tratamento RE (Figura 4.2), diferente do que foi verificado por Tormena e Roloff (1996), Thimoteo (2003) e Tavares Fiho et al. (2000, 2001), em áreas de agricultura, que apresentaram os valores mais elevados entre 0,10 e 0,30 m. Imhoff et al. (2000) obtiveram média de 1,99 MPa, até 0,10 m em Terra Roxa Estruturada eutrófica sob pastejo intensivo rotacionado de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), com valores mínimo de 0,70 e máximo de 9,47 MPa.

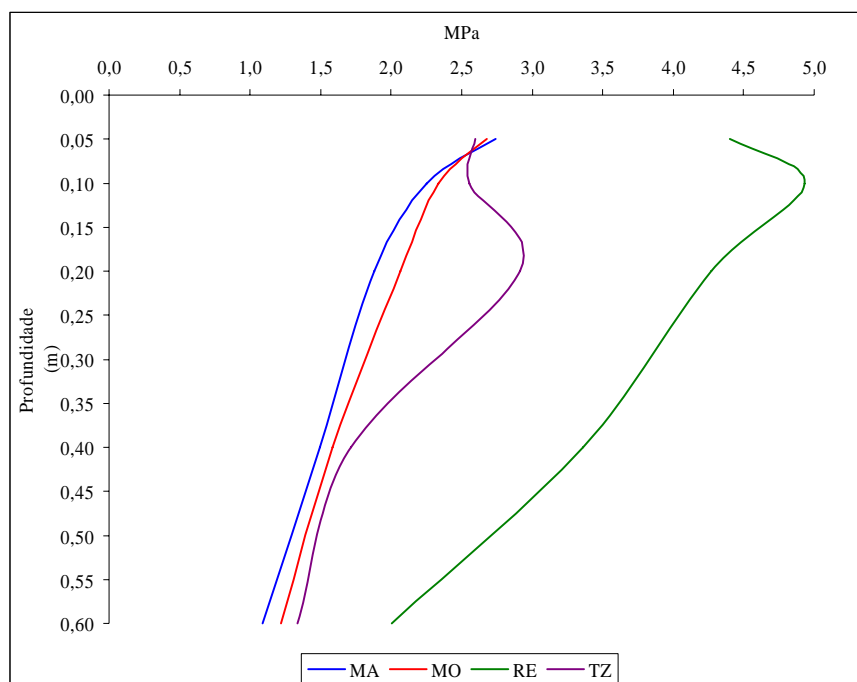


Figura 4.2. Curva da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa sob pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) e *Panicum maximum* Jacq. cultivares Tanzânia (TZ), Mombaça (MO) e Massai (MA). Jaguapitã-PR, 2006.

Os maiores valores de resistência à penetração foram obtidos no solo sob a pastagem RE, com valores acima de 2,0 MPa em todas as profundidades (Tabela 4.3), considerados por Tormena e Roloff (1996) como impeditivos ao crescimento de raízes no solo, mas abaixo da resistência crítica ao desenvolvimento radicular apresentada por Gerard et al. (1982), entre 6,0 e 7,0 MPa para solos de textura arenosa.

Os tratamentos MO e MA mostraram comportamentos semelhantes, com valores decrescentes no perfil do solo, sem diferir significativamente do TZ nas profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,20-0,40 m. O maior valor apresentado entre os tratamentos da pastagem PA ocorreu na camada 0,10-0,20 m do TZ (2,92 MPa), sendo significativamente superior aos tratamentos MO e MA nesta mesma camada. O menor valor encontrado foi na camada 0,40-0,60 m do MA (1,09 MPa), significativamente inferior ao TZ.

Tabela 4.3. Resistência à penetração (MPa) de um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa sob pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) e *Panicum maximum* Jacq. cultivares Tanzânia (TZ), Mombaça (MO) e Massai (MA). Jaguapitã-PR, 2006.

Profundidade (m)	Tratamento			
	RE	TZ	MO	MA
0,00-0,05	4,40 A ¹	2,60 B	2,68 B	2,74 B
0,05-0,10	4,93 A	2,56 B	2,34 B	2,25 B
0,10-0,20	4,27 A	2,92 B	2,06 C	1,88 C
0,20-0,40	3,36 A	1,72 B	1,58 B	1,49 B
0,40-0,60	2,01 A	1,34 B	1,22 BC	1,09 C

¹Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p<0,05).

Uma possível explicação para estes resultados é a ausência de mobilização do solo desde a implantação da pastagem RE, em 1995, enquanto nos demais tratamentos houve revolvimento antes da implantação da pastagem, no período de julho a novembro de 2004. Isso porque, se as operações de revolvimento são realizadas com adequada umidade do solo, tendem a aumentar a sua macroporosidade, o que pode contribuir para diminuir a resistência à penetração (Prado et al., 2002). Por outro lado, as condições que definem RE como sendo uma pastagem de baixa produtividade (Muehlmann et al., 2000) podem diminuir o amortecimento do impacto das patas dos animais sobre o solo (Bertol e Santos, 1995), aumentando assim a compactação (Willat e Pullar, 1983; Azenagashe et al., 1997).

A massa seca de raízes apresentou diferenças significativas entre os tratamentos avaliados (Tabela 4.4). A cultivar MO apresentou maior peso seco de raízes (11.837,09 Mg cm⁻³ de solo) do que as cultivares TZ (7.781,57 Mg cm⁻³ de solo) e MA (8.854,97 Mg cm⁻³ de solo), provavelmente, devido ao seu maior porte. A pastagem RE, por sua vez, apresentou a menor produção radicular, que pode estar relacionada com a sua baixa produtividade. Mantida rente ao solo, esta pastagem apresentou massa vegetal bastante inferior às demais, o que pode ter reduzido ou cessado o crescimento radicular, como consequência da falta de energia proveniente da fotossíntese (Briske, 1991; Moraes, 1991).

Tabela 4.4 - Massa seca de raízes (Mg cm^{-3} de solo) de pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) e *Panicum maximum* Jacq. cultivares Tanzânia (TZ), Mombaça (MO) e Massai (MA). Jaguapitã-PR, 2006.

Profundidade (m)	Tratamento				CV (%)
	RE	TZ	MO	MA	
Raízes Grossas					
0,00-0,05	216,24 B ¹ (25,10) ²	364,58 B (26,69)	906,34 A (30,28)	1.048,18 A (48,21)	17,70
0,05-0,10	363,19 B (42,15)	513,86 B (37,61)	1.286,27 A (42,97)	765,90 B (35,23)	19,05
0,10-0,20	193,22 B (22,43)	362,26 AB (26,52)	600,59 A (20,06)	314,13 B (14,45)	19,59
0,20-0,40	54,76 AB (6,36)	86,61 AB (6,34)	133,69 A (4,47)	29,41 B (1,35)	17,98
0,40-0,60	34,18 AB (3,96)	38,83 AB (2,84)	66,38 A (2,22)	16,62 B (0,76)	12,82
Totais	861,59 C (17,43)	1.366,14 C (17,56)	2.993,27 A (25,29)	2.174,24 B (24,56)	
Raízes Finas					
0,00-0,05	1.542,97 C (37,82)	2.755,30 B (42,94)	4.731,68 A (53,50)	2.995,72 B (44,84)	8,58
0,05-0,10	1.403,46 B (34,40)	1988,47 AB (31,00)	2.599,52 A (29,39)	1.875,47 B (28,07)	7,38
0,10-0,20	688,48 B (16,87)	979,59 AB (15,27)	894,02 AB (10,11)	1.061,66 A (15,89)	7,11
0,20-0,40	250,53 B (6,14)	422,94 A (6,59)	357,72 AB (4,04)	455,14 A (6,81)	8,17
0,40-0,60	194,85 A (4,77)	269,13 A (4,20)	260,88 A (2,96)	292,73 A (4,39)	5,86
Totais	4.080,29 C (82,57)	6.415,43 B (82,44)	8.843,82 A (74,71)	6.680,72 B (75,44)	
Raízes Totais					
0,00-0,05	1.759,21 C (35,60)	3.119,88 B (40,09)	5.638,02 A (47,63)	4.043,90 AB (45,67)	2,98
0,05-0,10	1.766,65 B (35,75)	2.502,33 B (32,16)	3.885,79 A (32,83)	2.641,37 B (29,83)	2,96
0,10-0,20	881,70 B (17,84)	1.341,85 AB (17,24)	1.494,61 A (12,63)	1.375,79 A (15,54)	2,84
0,20-0,40	305,29 B (6,18)	509,55 A (6,55)	491,41 AB (4,15)	484,55 AB (5,47)	4,00
0,40-0,60	229,03 A (4,63)	307,96 A (6,96)	327,26 A (2,76)	309,35 A (3,49)	2,64
Totais	4.941,88 C	7.781,57 B	11.837,09 A	8.854,96 B	

¹Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

²Os números entre parênteses representam o percentual de raízes.

Na profundidade de 0,00-0,05 m, o tratamento MO apresentou o maior peso de raízes totais (5.638,02 Mg cm⁻³ de solo), estatisticamente semelhante à MA (4.043,90) e diferente de TZ (3.119,88) e RE (1.759,21). A 0,05-0,10 m, a MO também apresentou o maior peso de raízes totais, significativamente superior aos demais tratamentos (3.885,79). Na camada de 0,10-0,20 m, a RE diferiu estatisticamente da MO e da MA, apresentando a menor média (881,70). Na profundidade 0,20-0,40 m, a RE também resultou em menor valor (305,29), significativamente inferior à TZ (509,55) e semelhantes à MO (491,41) e MA (484,55). Na camada mais profunda do perfil de solo avaliado, 0,40-0,60 m, os tratamentos apresentaram semelhança estatística e os menores pesos de raízes totais (Tabela 4.4).

Em comparação às grossas, as raízes finas predominaram em todos os tratamentos e profundidades, variando de 59,82% das raízes totais de MO, na camada de 0,10-0,20 m, a 94,63% de MA, a 0,40-0,60 m (Tabela 4.5). Na camada de 0,00-0,05 m, os tratamentos MO, RE e TZ apresentaram os maiores percentuais de raízes finas, em relação às demais profundidades avaliadas (83,92, 87,71 e 88,31% das raízes totais, respectivamente). Estes mesmos tratamentos apresentaram os menores percentuais de raízes finas na profundidade de 0,10-0,20 m (59,82, 78,09 e 73,00%, respectivamente); em MA, a menor concentração de raízes finas ocorreu na camada de 0,05-0,10 m (71%).

Os maiores percentuais de raízes grossas, 33,10 e 40,18% das raízes totais, foram obtidos em MO, nas camadas de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, respectivamente.

A profundidade efetiva das raízes foi encontrada a 0,20 m (Tabela 4.4), na qual se concentrou 89,19, 89,49, 91,04 e 93,09% das raízes totais dos tratamentos RE, TZ, MA e MO, respectivamente. Isto é considerado normal em gramíneas (Carvalho, 1999; Bono et al., 2000). Na mesma profundidade, Caires et al. (2001) observaram de 68 a 78% para raízes de cevada; Rodrigues e Cadima-Zevallos (1991) constataram de 66,7 a 77,3% para

raízes de *Brachiaria humidicola*; Muller et al. (2001) obtiveram de 65 a 76% para raízes de *Panicum maximum* Jacq.

Tabela 4.5. Distribuição de raízes finas e grossas (%) de pastagens de *Brachiaria brizantha* Stapf (RE) e *Panicum maximum* Jacq. cultivares Tanzânia (TZ), Mombaça (MO) e Massai (MA) no perfil do solo. Jaguapitã-PR, 2006.

Profundidade (m)	Tratamento			
	RE	TZ	MO	MA
Raízes Finas				
0,00-0,05	87,71	88,31	83,92	74,08
0,05-0,10	79,44	79,46	66,90	71,00
0,10-0,20	78,09	73,00	59,82	77,17
0,20-0,40	82,06	83,00	72,80	93,93
0,40-0,60	85,08	87,39	63,22	94,63
Raízes Grossas				
0,00-0,05	12,29	11,69	16,08	25,92
0,05-0,10	20,56	20,54	33,10	29,00
0,10-0,20	21,91	27,00	40,18	22,83
0,20-0,40	17,94	17,00	27,20	6,07
0,40-0,60	14,92	12,61	20,28	5,37

Relacionando o peso médio das raízes com a resistência do solo à penetração (Figura 4.2; Tabela 4.3), verifica-se que o tratamento RE apresentou os maiores valores de resistência à penetração e também os menores pesos de raízes (Tabela 4.4). Este resultado pode ser devido à compactação do solo, medida pela sua resistência à penetração, cujos valores superiores a 4,0 MPa até 0,20 m de profundidade limitaram o desenvolvimento do sistema radicular (Taylor e Gardner, 1963; Murphy et al., 1995; Tavares Filho et al., 2000; 2001). Também pode ser explicado pela baixa produtividade da RE, considerando que, quanto menor a área foliar, menor a energia proveniente da fotossíntese, que leva à redução ou interrupção do crescimento radicular (Briske, 1991; Moraes, 1991). Humphreys e Robinson (1966) constataram que a diminuição da parte aérea de *P. maximum trichoglume* foi acompanhada de reduções no crescimento de raízes e na quantidade de carboidratos armazenados nas folhas e raízes, resultando na diminuição da capacidade das plantas em

restabelecer o sistema radicular e gerar perfilhos após a estação das secas. O baixo peso de raízes pode ser decorrente, ainda, da interação dos dois fatores. De qualquer forma, tem-se como principal resultado que uma pastagem de baixa produtividade, ou degradada, torna os sistemas de produção animal insustentáveis, por comprometer tanto a produção da parte aérea como a produção de raízes.

Já nos tratamentos MA, MO e TZ, a 0,05 m de profundidade, valores semelhantes de resistência à penetração resultaram em pesos totais de raízes diferentes (2,74, 2,68 e 2,60 MPa para 4.093,90, 5.638,02 e 3.119,88 Mg cm⁻³ de solo, respectivamente), o mesmo acontecendo na camada de 0,05-0,10 m. A partir desta profundidade, ocorre o inverso, com valores diferentes de resistência à penetração (Tabela 4.3) e pesos totais de raízes semelhantes (Tabela 4.4).

4.6 CONCLUSÕES

1. O aumento da resistência do solo à penetração e menor biomassa de raízes resultam na degradação da pastagem.
2. A diminuição da produção da parte aérea, na pastagem degradada, é acompanhada de diminuição do sistema radicular no perfil do solo e do aumento da resistência do solo à penetração.

4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical properties for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONMES, A. J. (Ed.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 123-141. (SSSA Special Publication, 49).

AZENEGASHE, O. A.; ALLEN, V.; FONTENOT, J. Grazing sheep and cattle together or separately: effect on soil and plants. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, p.380-389, 1997.

BARBIN, D. **Planejamento e Análise Estatística de Experimentos Agronômicos**. Araçatuba: Editora Midas, 2003. 208 p.

BARLEY, K. P.; GREACEN, E. L. Mechanical resistance as a soil factors influencing the growth of roots underground shoots. **Advances Agronomy**, New York, v.19, p.1-43, 1967.

BENGHOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science**, London, n.41, p.341-358, 1990.

BERTOL, I.; SANTOS, J. C. P. Uso do solo e propriedades físico-hídricas no Planalto Catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.263-267, 1995.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer-Verlag, 1979. 188 p.

BONO, J. A.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. B. P. Biomassa e área do sistema radicular e resistência do solo à penetração em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo rotacionado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM. Forragicultura.

BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; REGAZZI, A. J.; ALMEIDA, R. G.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo. Composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.4, p. 1605-1613, 2002.

BRISKE, D. D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R.K., STUTH, J.W. (Ed.)

CARVALHO, M. C. S. **Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo.** 1999. 103 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, SP.

CECATO, U.; MACHADO, A. O.; MARTINS, E. N.; PEREIRA, L. A. F.; BARBOSA, M. A. A. F.; SANTOS, G. T. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.3, p. 660-668, 2000.

CHANASYK, D. S.; NAETH, M. A. Grazing impacts on bulk density and soil strength in the foothills fescue grasslands of Alberta, Canada. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.24, n.2, p.551-557, 1995.

DA COSTA, N. A.; CORSI, M.; FARIA, V.P. Efeito da altura e intervalo de cortes sobre a produção de massa seca aérea e peso da matéria orgânica do sistema radicular do capim-andropogon (*Andropogon gayanus*, Kunth). **O Solo**, v.75, n.2, p.5-10, 1983.

DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.11, n.1, p.199-237, 1988.

EHLERS, W. W.; KÖPKE, F.; HESSE, F.; BÖHM, W. Penetration resistance and growth root of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.3, p.261-275, 1983.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Sistema Nacional de Levantamento e Classificação de Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FIGUEIREDO, L. H. A.; DIAS JÚNIOR, M. S.; FERREIRA, M. M. Teor de água crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo num Latossolo Vermelho eutrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.3, p.487-493, 2000.

FNP. Consultoria e Comércio. ANUALPEC 2001 – **Anuário da pecuária brasileira.** São Paulo: 2001. 359 p.

GERARD, C. J.; SEXTON, P.; SHAW, G. Physical factors influencing soil strength and root growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.875-879, 1982.

GERDES, L.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; POSSENTI, R. A.; SCHAMMASS, E. A. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.4, p.955-963, 2000.

GIACOMINI, A. A.; MATTOS, W. T.; MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; CUNHA, E. A.; CARVALHO, D. D. Crescimento de raízes dos capins aruanã e tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.4, p.1109-1120, 2005.

HERLING, V. R.; RODRIGUES, L. R. A.; LUZ, P. H. C. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: PLANEJAMENTO E SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM PASTAGENS, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p. 157-192.

HUMPHREYS, L. R.; ROBINSON, A. R. Interrelations of leaf area and nonstructural carbohydrate status as determinants of the growth of subtropical grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1966, Helsinki. **Proceedings...** Helsinki: University of Helsinki, 1966. p. 113-116.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994. 49 p.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.

KRAWULSKI, C. C. **Caracterização química e física de um Latossolo Vermelho do Arenito Caiuá sob diferentes sistemas de recuperação de pastagem**. 2002. 38 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, PR.

LACERDA, P. D.; MALAFAIA, P.; VIEIRA, R. A. M.; HENRIQUE, D. S.; VAN DER MADE, I. E.; FARIA, A. R. G. Variação anual da composição bromatológica de duas forrageiras cultivadas nas baixadas litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.523-529, 2004.

LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1068-1075, 2003.

MARTINS, P. C. O leite como instrumento de desenvolvimento regional. In: FERNANDES, E. N.; MARTINS, C. E.; DÜRR, J. W.; LONDINSKY, A.; OLIVEIRA, A. F.; SILVA, P. H. F.; KRUG, E. E. B.; MARTINS, P. C.; LEÓN, E. F.; ARCURI, P. B. (Ed.). **Tendências e avanços do agronegócio do leite nas Américas: economia e mercado**. Montevideo: Federação Pan-Americana do Leite; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Porto Alegre: Associação Gaúcha de Laticinistas, 2006. p. 11-18.

MATTA, F. M. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1999, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1999. p. 19-45.

MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.197-202, 1999.

MORAES, A. **Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens* Stent), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e trevo branco (*Trifolium repens* L.) submetida a diferentes pressões de pastejo**. 1991. 200 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.

MUEHLMANN, L. D.; PFAU, L. A.; RAMOS, M. R.; MOTTA JÚNIOR, R. **Produção de leite a pasto: modelos técnicos**. Curitiba: EMATER-Paraná, 2000. 88 p.

MULLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P. F. S. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1409-1419, 2001.

MURPHY, W. M.; BARRETO, A. D.; SILMAN, J. P.; DINDAL, D. L. Cattle and sheep grazing effects on soil organisms, fertility and compaction in a smoothstalked meadow grass dominant white clover sward. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.50, p.191-194, 1995.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Paraná Rural. Programa de Desenvolvimento Rural do Paraná. **Manual Técnico do Sub-Programa de Manejo e Conservação do Solo**. Curitiba: 1994. 372 p.

PRADO, R. M.; ROQUE, C. G.; SOUZA, Z. M. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1795-1801, 2002.

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 Agricultural Research**, Melbourne, v.44, n.2, p.317-331, 1993.

RODRIGUES, A. C. G.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Efeito da intensidade de pastejo sobre o sistema radicular de pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.3, p.439-445, 1991.

SAS Institute. Property software release 8. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999. 956 p.

SCURLOCK, J. M. O.; HALL, D. O. The global carbon sink: a grassland perspective. **Global Change Biology**, v.4, p.229-233, 1998.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.1, n.3, p.18-23, 1983.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.229-235, 1991.

TAVARES FILHO, J.; EIRA, G. C.; FARINHA, L. R. L. Avaliação da compactação em um solo cultivado no sistema convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.2, p.219-225, 2000.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.725-730, 2001.

TAYLOR, H. M.; GARDNER, H. R. Penetration of cotton seedlings taproots as influenced by bulk density, moisture content and strenght soil. **Soil Science**, Baltimore, v.96, p.153-156, 1963.

THIMOTEO, C. M. S. **Influência dos sistemas de manejo na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2003. 72 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, PR.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.333-339, 1996.

VILELA, D.; LEITE, J. L. B.; RESENDE, J. C. Políticas para o leite no Brasil: passado, presente e futuro. In: SUL-LEITE SIMPÓSIO SOBRE A SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. p. 1-26.

VOORHEES, W. B.; CARLSON, V. A.; HALLAUER, E. A. Root length measurement with a computer-controlled digital scanning microdensitometer. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.847-850, 1980.

VOORHEES, W. B.; LINDSTROM, M. J. Soil compaction on conservation tillage in the northern corn belt. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.38, n.5, p.307-311, 1984.

WILLATT, S. T.; PULLAR, D. M. Changes in soil physical properties under grazed pastures. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.22, n.4, p.343-348, 1983.

5. BIOMASSA FORRAGEIRA DE *Panicum maximum* Jacq. CULTIVARES MASSAI, MOMBAÇA E TANZÂNIA E PRODUÇÃO DE LEITE SOB PASTEJO INTENSIVO ROTACIONADO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TEXTURA ARENOSA

5.1 RESUMO

A produção de leite no Arenito Caiuá, PR, está baseada nas pastagens perenes tropicais, principalmente do gênero *Brachiaria*, em sistemas de produção predominantemente extensivos. Tradicionalmente, essas pastagens e o solo que as mantém são manejados de forma inadequada, resultando em diferentes graus de degradação de ambos, com baixas produções de biomassa forrageira que, associadas à sazonalidade climática, determinam produtividades animal e por área medíocres, comprometendo a sustentabilidade dos sistemas de produção de leite. Neste contexto, tem sido crescente a demanda por sistemas intensivos de pastejo, para aumentar a rentabilidade e recuperar a fertilidade do solo. Este trabalho teve como objetivos avaliar um sistema de produção de leite a pasto no município de Jaguapitã-PR, constituído de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai (MA), Mombaça (MO) e Tanzânia (TZ), semeadas em dezembro de 2004, em 3,0 ha cada, num delineamento experimental de blocos ao acaso. A partir de fevereiro de 2005, foram submetidas ao pastejo intensivo rotacionado e noturno de 72 vacas mestiças em lactação, com 3 dias de pastejo e 29 de descanso. Foram efetuadas as seguintes avaliações: I) acúmulo de biomassa forrageira no período experimental de 503 dias, através da coleta de 13 amostras de forragem, de fevereiro de 2005 a abril de 2006, com estimativa da matéria seca disponível (MSD); matéria seca residual (MSR); taxa de acúmulo de MS (TAMS); proteína bruta (PB); fibra bruta (FB); composição da MS (folhas; caule + bainhas foliares; material morto); II) produção de leite por área, através da avaliação mensal da produção individual das vacas. A produção de MS das 3 cultivares foi concentrada na época das águas (67,55 a 75,45%). A MO acumulou a maior quantidade de MS (126,78 t ha⁻¹), seguida pela TZ (110,38 t) e pela MA (87,04 t). O melhor valor nutritivo da MS foi verificado na TZ, na época das águas (10,33% PB e 28,90% FB); nesta mesma época, a MA apresentou o maior teor de FB (39,10%), embora tenha produzido a maior proporção de folhas na MS (70,89%), comparada com 58,70% da TZ e 52,40% da MO. Todas as cultivares apresentaram baixa eficiência de consumo: 34,15, 31,32 e 32,84% da MSD, com o restante constituindo a MSR das cultivares MA, MO e TZ, respectivamente. As maiores lotação e produtividade dos animais foram observadas na TZ (8,4 vacas ha⁻¹ e 11,57 kg leite vaca dia⁻¹), resultando na maior produtividade entre as cultivares (34.925 kg leite ha ano⁻¹).

Palavras-chave: matéria seca, proteína bruta, manejo de pastagem, produtividade, Arenito.

***Panicum maximum* Jacq. CULTIVARES MASSAI, MOMBAÇA AND TANZÂNIA
FORRAGE BIOMASS AND MILK PRODUCTION UNDER INTENSIVE
ROTATIONAL GRAZING IN A DISTROPHIC RED LATOSOL**

5.2 ABSTRACT

Milk production in the area of the Arenito Caiua, in the State of Parana, is based on perennial tropical pastures, mainly *Brachiaria*, under a predominantly extensive management system. Traditionally, such pastures and the soil are inadequately managed, resulting in different levels of soil degradation, low forage biomass, which, associated with the climatic conditions, results in low animal productivity and low output per area, and consequently, very low profitability of the dairy farmers. Therefore, there is a great demand for information on intensive grazing systems, to improve profitability and soil fertility. The present work was planned to evaluate a milk production system, near Jaguapitã, in the Arenito Caiua area of the State of Parana. The pastures of *Panicum maximum* Jacq., cultivars Massai (MA), Mombaça (MO), and Tanzania (TZ) were seeded in December 2004, in a Complete Randomized Block Design, with two replicates. From February 2005, 72 crossbred lactating cows were randomly assigned to one of the three experimental pastures and managed in an intensive rotational system, with three days of occupation per paddock and 29 days of regrowth. Accumulation of forage biomass during the experimental period (503 days), were measured through the collection of monthly samples, from February 2005 to April 2006. These were used to estimate available dry matter (DMA); residual dry matter (RDM); dry matter accumulation rate (ARDM); crude protein (CP), crude fiber (CF) and levels of leaves, stem + leaf sheath and dead material. Milk production per area was estimated by individual milk yield measured monthly. DM production of the three cultivars was concentrated during the rainy season (65.55 to 75.45%). MO accumulated more DM (126.78 ton.ha⁻¹) than TZ (110.38 ton.ha⁻¹) and MA (87.04 ton.ha⁻¹). TZ produced forage with better nutritive value (10.33% CP and 28.90% CF) and MA showed a very high CF (39.10%), even though it showed a very high proportion of leaves on a DM basis (70.89%) when compared to TZ or MO (58.7 and 52.4%, respectively). All treatments showed a low grazing efficiency, 34.15; 31.32; and 32.84% of DMA, for MA, MO, and TZ, respectively. The very high stocking rate and a higher animal productivity observed for TZ (8.4 cows.ha⁻¹ and 11.57 kg of milk.day⁻¹) resulted in a high productivity per area, 34.925 kg milk.ha.year⁻¹.

Key words: dry matter, crude protein, pasture management, productivity, Arenito.

5.3 INTRODUÇÃO

A pastagem é a base da alimentação animal a baixo custo. No Paraná, 36% dos solos são ocupados com pastagens (Rauen et al., 1996); dos 47.800 ha do município de Jaguapitã, 60% são mantidos com pastagens que abrigam os rebanhos bovinos de corte e de leite, constituídos por cerca de 35.000 cabeças (EMATER, 2005). Tradicionalmente, essas pastagens são manejadas de forma inadequada, o que, associado à sazonalidade climática, determina a distribuição irregular da produção de forragem ao longo do ano, com flutuações acentuadas na quantidade e na qualidade da forragem disponível para os animais, resultando em variações no desempenho individual e por área (Cano et al., 2004).

A utilização adequada de pastagens por rebanhos leiteiros pode reduzir os custos de produção de leite, por diminuir os dispêndios com alimentos concentrados; com combustíveis e com mão-de-obra, substituídos pelos animais, no processo de colheita da forragem (Vilela et al., 1996; Matos, 2005). Tem sido crescente a demanda por sistemas intensivos de pastejo, visando à redução dos custos de produção de leite, num primeiro momento, e, a médio e longo prazos, a recuperação da fertilidade do solo - conceituada por Khatounian (1999), requisito fundamental para iniciar a reversão da degradação das pastagens e do solo, e implantar e manter sistemas de produção animal sustentáveis.

O gênero *Panicum* tem sido o mais utilizado na implantação de sistemas de pastejo intensivo. Originário da África, se caracteriza por alta produtividade, boa qualidade da forragem e ampla adaptabilidade; embora seja exigente em nutrientes e requeira manejo cuidadoso, por se tratar de planta cespitosa (Lugão, 2001). Apresenta variação na produção e qualidade da matéria seca (MS), em função do local e do manejo a que é submetido (Cecato et al., 2000). Destacam-se as cultivares Tanzânia, Mombaça e, mais recentemente, a Massai, lançadas no Brasil a partir do início da década de 90.

A quantidade de forragem em área de pastejo, antes da entrada dos animais, é definida como forragem disponível, e pode ser quantificada em kg de MS por área (Lugão, 2001). Conhecer a disponibilidade de forragem, bem como sua variação ao longo do ano, fornece dados importantes para uso direto no planejamento de sistemas de produção pecuária, visando atingir o desempenho satisfatório dos animais e adequada produção por área (Moreira, 2001), através do estabelecimento de alimentação suplementar corretiva das alterações nutricionais da pastagem ao longo do ano.

Pedreira (1973) obteve produções de 9.500 a 15.600 kg ha⁻¹ de MS de colômbia (*Panicum maximum* Jacq.), sendo 13% no inverno e 87% no verão, com taxa diária de crescimento de 64 e 2 kg MS ha⁻¹, no verão e no inverno, respectivamente. Cecato et al. (2000) determinaram produções de 21,15 e 19,87 t ha⁻¹ para a cv. Mombaça, e 16,57 e 12,27 t ha⁻¹ para a Tanzânia, avaliadas nas alturas respectivas de 0,20 e 0,40 m. Cano et al. (2004) constataram 8,6, 13,1, 17,5 e 21,95 t MS ha⁻¹ para a cv. Tanzânia manejada com 0,20, 0,40, 0,60 e 0,80 m, respectivamente.

Lugão (2001) avaliou um acesso de *Panicum maximum* Jacq. (Acesso BRA-006998), manejado com 5 dias de ocupação e 35 dias de descanso, e obteve a produção máxima de 32.137 kg MS ha⁻¹, em 200 dias, com 396 kg N ha⁻¹.

Santos et al. (2003, 2004), em um período de pastejo de 175 dias, não registraram diferença nas produções de MS das cvs. Mombaça e Tanzânia, respectivamente, com 28,15 e 26,15 t ha⁻¹. Estes autores recomendam períodos de descanso diferentes para as duas cultivares, sendo 38 dias no período outubro-abril, 28 dias na fase reprodutiva (abril-maio), e 48 dias em maio-setembro para a cv Tanzânia. Para a Mombaça, recomendam 28 dias no período outubro-maio, e 48 dias entre maio e setembro.

Pedreira et al. (2005) determinaram produção total de 15 t MS ha⁻¹ para a cv. Tanzânia fertilizada com 250 kg N ha⁻¹, e taxa de lotação média de 3,0 UA, sob pastejo rotacionado durante 214 dias.

O valor nutritivo refere-se à composição química da forragem e sua digestibilidade. Já a qualidade de uma planta forrageira é representada pela associação da composição bromatológica, da digestibilidade e do consumo voluntário, entre outros fatores, da forragem em questão (Mott, 1970). Por isso, é de grande importância o conhecimento dos teores de MS, de PB e de fibra bruta (FB), que variam em função da idade, da parte da planta, da época do ano e da fertilidade do solo (Werner, 1993).

Costa et al. (1992) determinaram 11,74 e 11,39% de PB na MS da planta inteira de *P. maximum* cultivares Colonião e Tobiata, respectivamente, cultivadas em Latossolo Roxo. No mesmo experimento, a PB diminuiu com o aumento da idade de corte: 13,08, 11,11 e 10,51% aos 28, 35 e 42 dias, respectivamente. Com o fornecimento de 50 kg N ha⁻¹ após cada corte, o teor de PB foi de 12,67%, contra 10,47% sem nitrogênio.

Gerdes et al. (2000) obtiveram valores de 13,69, 10,84, 19,76 e 15,27% de PB em planta inteira de Tanzânia, cortada aos 35 dias, respectivamente na primavera, verão, outono e inverno. Avaliando apenas a porção folha, os teores de PB foram de 14,85, 11,49, 19,69 e 15,28%, na mesma idade de corte e nas mesmas estações do ano, com média anual de 15,33%. Na porção haste, obteve 8,01, 5,73, 9,80 e 6,77%, com média de 7,58% de PB.

Avaliando as cultivares Tanzânia, Mombaça e Massai sob pastejo rotativo, Brâncio et al. (2002) determinaram o valor nutritivo destas forrageiras antes e após o período de pastejo. Constataram que o início do período chuvoso foi a época de maior valor nutritivo da forragem, em todos os tratamentos. A cv. Massai apresentou o menor valor nutritivo, com menores teores de PB e maiores teores de fibra. Os autores recomendam sua utilização como opção forrageira baseada em outras características agrônômicas, não apenas na qualidade.

Cândido et al. (2005) determinaram 11,1, 8,6 e 8,3% de PB na cv. Mombaça, respectivamente, no 1º, 2º e 3º dias de pastejo.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção e o valor nutritivo das cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia, implantadas em um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa, submetidas ao pastejo intensivo rotacionado, bem como seus efeitos sobre a produção de leite.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Jaguapitã, PR, situado à 23°02'52"S e 51°33'32"O, com altitude de 557 m e clima tipo Cfa, da classificação de Köppen (IAPAR, 1994). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa (EMBRAPA, 1999). Na camada de 0,00-0,20 m, Krawulski (2002) determinou 858,80, 129,51 e 11,59 g kg⁻¹ de areia, argila e silte, respectivamente, densidade de partículas de 2,67 g dm⁻³ e densidade de solo de 1,62 g dm⁻³.

A área experimental, de 9,90 ha, foi cultivada durante os 5 anos anteriores com milho e sorgo, no verão, para produção de silagem, e com aveia preta no inverno, para pastejo; e passou a consistir em um módulo de produção de leite a pasto.

A análise química do solo, na profundidade de 0,00-0,20 m, realizada em junho de 2004, apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 4,80; matéria orgânica = 0,90 g dm⁻³; P (Mehlich I) = 15,20 mg dm⁻³; K⁺ = 0,06 cmol_c dm⁻³; Ca⁺² = 1,01 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 0,45 cmol_c dm⁻³; Al⁺³ = 0,05 cmol_c dm⁻³; saturação por bases = 39,32%. Em setembro de 2004, realizou-se a calagem para elevar a saturação por bases a 60%, de acordo com a análise de solo, seguida de 1 gradagem aradora e 2 gradagens niveladoras.

Em dezembro do mesmo ano, efetuou-se a semeadura em linha das cultivares de *Panicum maximum* Jacq., utilizando 10,93 kg ha⁻¹ de sementes da cv. Massai (MA), 6,43 kg ha⁻¹ da Mombaça (MO), e 8,27 kg ha⁻¹ da Tanzânia (TZ), com 18, 33,8 e 23,5% de valor cultural, respectivamente, num delineamento em blocos ao acaso, com 3,0 ha para cada cultivar. Na semeadura, foram aplicados 70 kg P ha⁻¹ (superfosfato simples e hiperfosfato natural de Arad na proporção 1:1). A pastagem foi fertilizada com 200 kg N ha⁻¹ (sulfato de amônio) e 50 kg K ha⁻¹ (cloreto de potássio), em 4 aplicações: janeiro, março, outubro e dezembro de 2005.

A área de cada cultivar foi dividida em 11 piquetes de 3.000 m² cada, limitados com cerca eletrificada. O pastejo teve início em fevereiro de 2005, com 65 vacas em lactação, mestiças sem raça definida, oriundas de cruzamentos entre raças européias (Holandês e Pardo Suíço) e zebuínas (Nelore, Tabapuã e Gir Leiteiro), com peso vivo médio de 507 kg, separadas em três grupos inteiramente ao acaso e identificadas com cordas coloridas no pescoço: amarela = TZ; verde = MO; vermelho = MA. As vacas tiveram livre acesso à sombra, bebedouro e cocho com sal mineral, e foram manejadas conforme a rotina habitual da propriedade nos aspectos sanitário, reprodutivo e de produção (pré-parto e secagem de vacas). Para manter um número semelhante de vacas em cada grupo, adotou-se como critério a substituição de vacas secas por outras recém-paridas, atingindo o máximo de 77 vacas, com média mensal de 71,87 vacas.

Para as avaliações da pastagem, o período experimental totalizou 503 dias e contemplou 2 épocas distintas de avaliação: das águas e da seca. A época das águas, caracterizada por precipitação e temperatura elevadas, totalizou 349 dias em 2 períodos distintos, a partir da semeadura das cultivares: 02/12/04 a 27/04/2005 (146 dias) e 28/09/05 a 19/04/06 (203 dias). A época da seca, com baixas precipitação e temperatura, compreendeu o período de 28/04 a 28/09/05 (154 dias).

Foi utilizado o pastejo noturno, com entrada dos animais nos piquetes após a segunda ordenha do dia, às 17 horas, e permanência até as 6 horas do dia seguinte, com 3 dias de ocupação e 30 dias de descanso. No intervalo de tempo entre o final da primeira e o início da segunda ordenha, no período da seca, as vacas receberam alimentação suplementar no cocho, constituída de silagem de sorgo (28/04 a 31/08/05) e cana-de-açúcar aditivada com uréia e sulfato de amônio (1° a 28/09/05), na proporção de 100:0,85:0,15 kg, para compensar o déficit de matéria seca característico do inverno seco. Além da pastagem e da suplementação volumosa anteriormente descrita, durante todo o período experimental, as vacas receberam concentrado comercial com 20% de PB, na proporção de 1 kg de concentrado para cada 3 kg de leite produzido, a partir de 8 kg leite vaca dia⁻¹, sendo metade fornecida durante a primeira e metade na segunda ordenha.

Os volumes de precipitação, ocorridos durante a instalação e condução do experimento, foram coletados no entreposto da COROL - Cooperativa Agroindustrial Ltda, de Jaguapitã-PR, localizado a 7 km da área experimental (Figura 5.1).

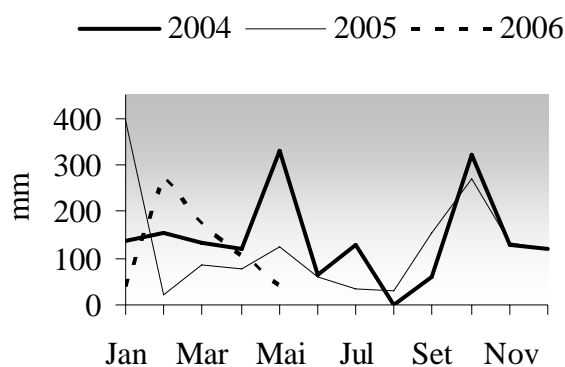


Figura 5.1. Precipitação pluviométrica mensal. Jaguapitã-PR, 2004 a 2006.

Foi estimada, mensalmente, a forragem disponível e a residual das três cultivares (Tabela 5.1). Essa estimativa se baseou na quantidade de forragem cortada, antes (disponível) e após (residual) o pastejo, rente ao solo, e retirada do interior de um quadrado de

ferro de 1 metro de lado, lançado ao acaso por 3 vezes nos piquetes de cada cultivar, pré e pós pastejados (Alvim e Botrel, 2001). O material colhido em cada ponto foi pesado, obtendo-se o peso médio da forragem verde existente em $1,0 \text{ m}^2$ de pastagem, antes e após o pastejo. Posteriormente, foi utilizado para efetuar os cálculos de matéria seca por hectare (MS ha^{-1}), através de regra de três, a partir da porcentagem de MS da forragem, estimada no laboratório. Após a pesagem, as amostras de cada cultivar foram misturadas, e da mistura foram retiradas duas amostras compostas. Uma das amostras foi submetida à separação manual de folhas (FO), colmos + bainhas foliares (CO) e material morto (MM), e a outra representou a forragem total existente nos pontos amostrados (FO + CO + MM). As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e enviadas ao Laboratório de Nutrição Animal do IAPAR, Estação Experimental Raul Juliato, em Ibitiporã-PR, para estimativa dos teores de MS, proteína bruta (PB) e fibra bruta (FB).

A MS disponível e a residual de cada cultivar, nos meses avaliados, foram calculadas multiplicando-se o valor da forragem (verde) pela porcentagem de MS estimada no laboratório. A produção total de MS das cultivares no período experimental (503 dias) foi obtida pela soma das produções de cada intervalo de avaliação ou ciclo de pastejo, somando-se a esse valor o resíduo do último ciclo de pastejo (Lugão, 2001). Para estimar a produção de MS nas épocas das águas e das secas, efetuou-se a soma das avaliações dos períodos correspondentes. A estimativa da produção anual de MS (kg MS ha ano^{-1}) foi obtida dividindo-se a produção total de MS no período experimental pelo número de dias do mesmo (503), multiplicando-se o valor resultante por 365.

A estimativa da taxa de acúmulo diário de MS (TAMS) foi calculada pela diferença entre as quantidades de MS disponível e residual, dividida pelo intervalo entre avaliações (dias) (Cecato et al., 2000).

A produção de leite das vacas foi avaliada mensalmente, nos mesmos dias da avaliação da forragem, através da pesagem do leite produzido por cada vaca. A soma das produções individuais resultou na produção total de leite em cada cultivar no período experimental de 426 dias, compreendido entre o início do pastejo (17/02/05) e a última avaliação da pastagem (19/04/06), sendo os resultados expressos em kg de leite ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o *software Statistical Analysis System* (SAS, 1999), versão 8.02 para Windows. Os dados da produção de leite não foram submetidos à análise estatística.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A época das águas concentrou a produção de MS disponível (MSD) e, conseqüentemente, também a MS residual (Tabela 5.1). A maior produção foi verificada na cultivar Mombaça, com 126.776 kg MS ha⁻¹ no período avaliado, sendo 67,55% na época das águas, seguida pela Tanzânia (110.383 kg MS ha⁻¹ e 71,24%) e pela Massai (87.041 kg MS ha⁻¹ e 75,45%). Estes resultados foram muito superiores àqueles obtidos por outros autores (Cecato et al., 2000; Pinheiro, 2002; Santos et al., 2003; Rassini, 2004; Pedreira, 2005; Souza et al., 2005), que relatam produções de 21,15 a 41,68, e 12,27 a 37,59 t MS ha⁻¹ para as cvs. Mombaça e Tanzânia, respectivamente, sem deixar claro, porém, se esses resultados são do período experimental (variável de 30 a 215 dias) ou se foram corrigidas para kg MS ha ano⁻¹. Lugão (2001), avaliando o acesso BRA-006998 de *Panicum maximum* Jacq. em um Latossolo Vermelho distrófico textura arenosa, obteve 32.137 kg MS ha⁻¹ em um período de 214 dias. A menor produção da cv. Massai pode ser atribuída ao seu menor porte, comparada com Mombaça e Tanzânia.

Tabela 5.1. Matéria seca disponível (MSD), residual (MSR), consumida (MSA) e taxa de acúmulo diário de MS (TAMS) de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai (MA), Mombaça (MO) e Tanzânia (TZ), em um período experimental de 503 dias. Jaguapitã-PR ⁽¹⁾.

Época	Cultivar		
	Massai	Mombaça	Tanzânia
Matéria seca disponível (kg MS ha ⁻¹)			
Águas	65.684	85.633	78.639
Seca	21.357	41.143	31.744
Matéria seca residual (kg MS ha ⁻¹)			
Águas	44.678	57.427	53.064
Seca	12.637	29.647	21.069
Matéria seca consumida (kg MS ha ⁻¹)			
Águas	36.320	38.444	35.519
Seca	8.719	11.496	10.675
Taxa de acúmulo diário de matéria seca (kg MS ha dia ⁻¹)			
Águas	104	110	102
Seca	57	75	69
Média	90	99	92

⁽¹⁾Média de três pontos de 1,0 m² cada, em cada cultivar.

É oportuno salientar que existem poucos trabalhos na literatura avaliando a produção e a taxa de acúmulo de MS da Massai, especialmente aqueles que utilizam vacas leiteiras em pastejo. Estão disponíveis algumas informações sobre a qualidade da forragem (Brâncio et al., 2002, 2003); sabe-se, também, que esta cultivar pode chegar a produzir 25 t MS foliar ha⁻¹ (EMBRAPA, 2004).

As três cultivares apresentaram TAMS semelhantes na média do período experimental, sendo que a Mombaça produziu 99 kg MS ha dia⁻¹, contra 92 da Tanzânia e 90 da Massai. Houve redução na TAMS na época da seca, período em que foram obtidos 24,55% da disponibilidade de MS da cultivar Massai, 32,45% da Mombaça e 28,76% da Tanzânia (Tabela 5.1), semelhantes aos resultados obtidos por Alvim e Botrel (2001), com *Cynodon dactylon* cv. coast-cross, e Cecato et al. (2000), com as cultivares Mombaça e Tanzânia manejadas a 0,20 m de altura.

As três cultivares apresentaram baixa eficiência de consumo, partindo do princípio de que a diferença entre a MSD e a MSR foi consumida pelos animais. Considerando todo o período experimental (503 dias), os animais consumiram 34,15, 31,32 e 32,84% da MSD acumulada, enquanto 65,85, 68,68 e 67,16% da mesma ficou sobre o solo, constituindo a MSR das cvs. Massai, Mombaça e Tanzânia, respectivamente (Tabela 5.1).

Em áreas sob pastejo, a forragem disponível pode ter três destinos: ser consumida pelos animais; ser “perdida”, formando o material morto; ou sobrar “em pé” (Hillesheim e Corsi, 1990). Hughes (1983) observou que pastagens mantidas com alta oferta de forragem resultam em MS com alta proporção de colmos, acarretando aumento nas perdas e, como consequência, redução na produção de forragem e no rendimento animal, e aumento de material morto. Cecato et al. (2001) verificaram, na cv. Tanzânia, perda média de 40,5% da MS. Isto se constitui num paradoxo, pois as perdas de forragem sob pastejo representam a principal fonte de matéria orgânica na pastagem, reconhecida como a maior e melhor via de reciclagem de nutrientes (Hillesheim e Corsi, 1990). Além disso, a manutenção de maiores quantidades de forragem proporciona maior proteção ao solo, atuando na interceptação dos pingos da chuva, reduzindo assim os riscos de erosão e degradação da pastagem (Browning, 1978). Porém, tal situação pode comprometer a eficiência econômica dos sistemas de produção animal, da mesma forma que a degradação das pastagens o faz, considerando que mais de 60% da MSD acumulada não foi convertida em produto final.

Na média do ano, constatou-se diferença entre as cultivares com relação às porções FO, CO e MM na MSD, antes do pastejo (Figura 5.2 a). A cv. Massai apresentou a maior concentração de FO na MS (70,89%), enquanto Mombaça e Tanzânia se mostraram semelhantes (52,40 e 58,70%, respectivamente). Estes valores são muito inferiores aos obtidos por Cecato et al. (2000): 78,14 e 91,69% em Mombaça, e 81,80 e 89,96% em Tanzânia, manejadas a 0,20 e 0,40 m, respectivamente. Embora não seja o único, a

disponibilidade de MS verde foliar é um fator muito importante do ponto de vista nutricional, pois as folhas das plantas forrageiras tropicais apresentam maior valor nutritivo do que os colmos (Costa et al., 1992; Cecato, 1993), podendo-se inferir que, quanto menor a proporção de folhas, menor o valor nutritivo da forragem.

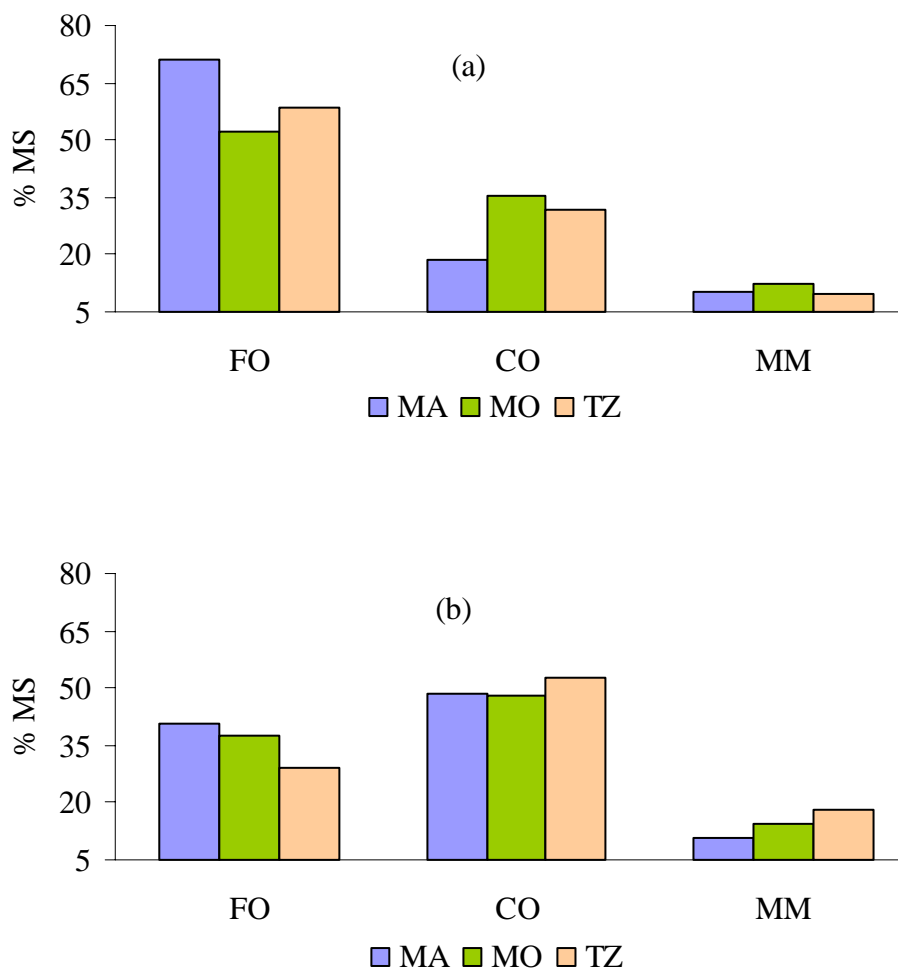


Figura 5.2. Proporções de folhas (FO), colmos + bainhas foliares (CO) e material morto (MM) na matéria seca disponível (MSD) (a) e residual (MSR) (b) em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai (MA), Mombaça (MO) e Tanzânia (TZ), em %. Jaguapitã-PR.

Conseqüentemente, a porcentagem de CO foi inferior na cv. Massai (18,62%) e semelhantes nas demais, com 35,22% na Mombaça e 31,54% na Tanzânia. O MM foi a menor porção da MSD, com 9,76, 10,49 e 12,38%, respectivamente, nas cultivares

Tanzânia, Massai e Mombaça. A MSR mostrou comportamento diferente, com distribuição proporcional das frações componentes da MS, entre as cultivares (Figura 5.2 b). É um resultado coerente, visto que as folhas constituem a parte mais consumida pelos animais durante o pastejo, com perdas de forragem, que contribuem para aumentar a quantidade de material morto pós pastejo (Hillesheim e Corsi, 1990).

Observaram-se mudanças nos teores de PB da MSD e da MSR, no decorrer dos ciclos de pastejo. Na MSD, os teores de PB variaram de 4,32 a 13,14%, e na MSR de 3,10 a 7,37% (Figura 5.3 a, b). No período da seca (28/04 a 28/09/05), os teores médios de PB da matéria seca da forragem disponível para os animais foram significativamente menores em relação aos da época das águas (17/02 a 27/04/05, e 28/09/05 a 19/04/06), caracterizando, assim, melhor qualidade do pasto nesta época do ano, concordando com achados de Alvim e Botrel (2001) e Cecato et al. (2000). Entre os tratamentos, essa variável também apresentou diferenças significativas (Tabela 5.2). A cultivar Massai apresentou teores de PB significativamente inferiores às demais, na época seca, e à Tanzânia na época das águas; enquanto a Tanzânia apresentou os maiores teores de PB na MSD, no período das águas. Na MSR, os teores de PB foram semelhantes entre os tratamentos, nas duas épocas.

Os resultados obtidos são inferiores aos de Brâncio et al. (2002), para a porção folha, de 7 a 8% para a cv. Massai; 8 a 11% para a Mombaça; e 10 a 11% para a Tanzânia. Na porção haste, as 3 cultivares apresentaram de 4 a 6% de PB, com os menores teores na cv. Massai. Estes autores verificaram distribuição uniforme dos teores de PB ao longo do período avaliado, junho de 1998 a março de 1999.

Em planta inteira de Tanzânia cortada aos 35 dias, Gerdes et al. (2000) obtiveram 13,69, 10,84, 19,76 e 15,27% de PB, respectivamente na primavera, verão, outono e inverno. Nas folhas, os teores de PB foram de 14,85, 11,49, 19,69 e 15,28%, na mesma idade de corte e nas mesmas estações do ano, com média anual de 15,33%. Na porção colmo,

determinaram 8,01, 5,73, 9,80 e 6,77% de PB, com média anual de 7,58%. Cândido et al. (2005) verificaram teores de 7,9 a 11,1% de PB em Mombaça.

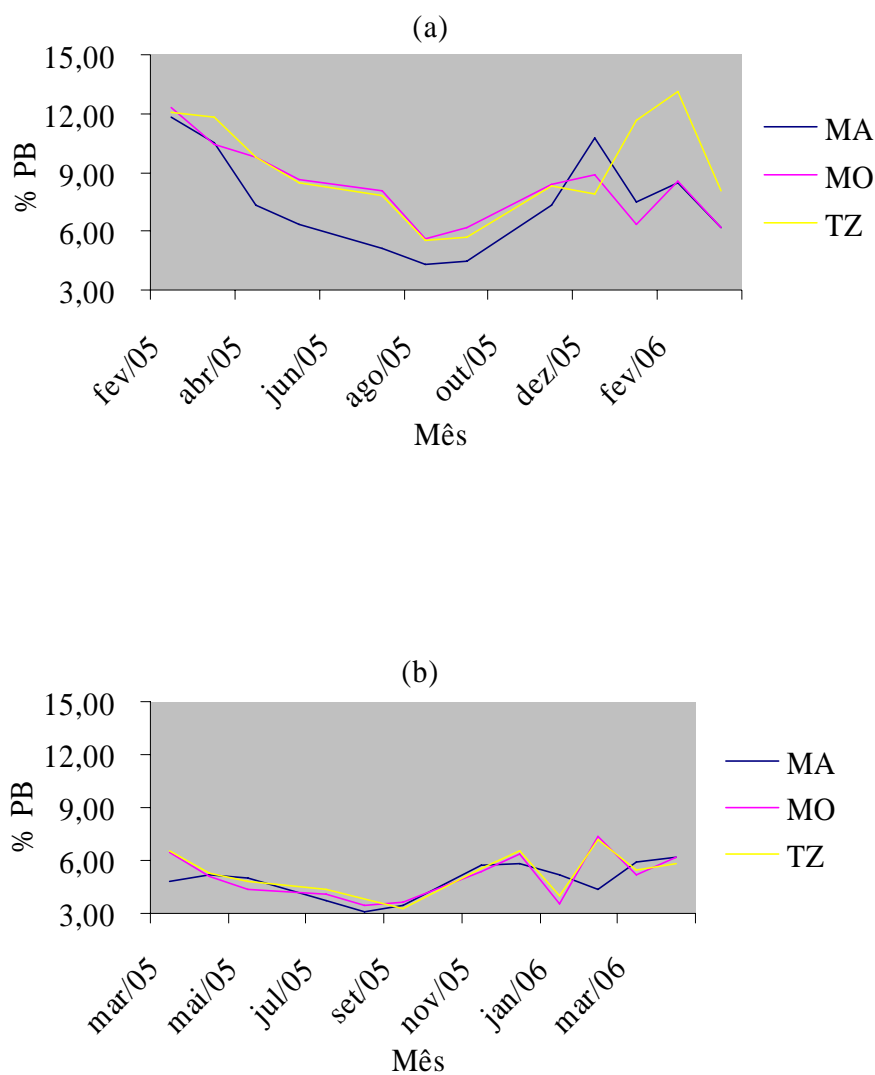


Figura 5.3. Proteína bruta (PB) na matéria seca disponível (MSD) (a) e residual (MSR) (b) em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai (MA), Mombaça (MO) e Tanzânia (TZ), em %. Jaguapitã-PR.

A cultivar Massai apresentou o maior teor de FB na época das águas (39,10%), e o menor na seca (30,06%), inferior às demais cultivares (Tabela 5.2). Diferentemente da proteína bruta, a fibra bruta é uma variável que está inversamente

relacionada com a qualidade da MSD da forragem: quanto maior a FB, menor o valor nutritivo da forragem (Abrahão, 1996).

Tabela 5.2. Proteína bruta (PB) e fibra bruta (FB) da matéria seca disponível (MSD) e residual (MSR) em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia. Jaguapitã-PR.

Época	Cultivar		
	Massai	Mombaça	Tanzânia
PB na MSD (%)			
Águas	8,74 Ba ⁽¹⁾	8,85 Ba	10,33 Aa
Seca	5,07 Bb	7,14 Ab	6,87 Ab
PB na MSR (%)			
Águas	5,40 Aa	5,68 Aa	5,78 Aa
Seca	3,80 Ab	3,88 Ab	4,06 Ab
FB na MSD (%)			
Águas	39,10Aa	30,22Bb	28,90Bb
Seca	30,06Bb	35,89Aa	34,87Aa
FB na MSR (%)			
Águas	39,22Aa	39,08Aa	38,43Aa
Seca	40,13Aa	36,99Bb	36,32Bb

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

O teor de PB das folhas, na média do período avaliado, foi superior na MSD, com 7,66, 9,05 e 11,02%, contra 6,45, 6,01 e 6,78% na MSR, respectivamente, para as cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia (Figura 5.4 a, b). Em se tratando de PB de folha, que consiste na parte da planta preferencialmente pastejada por bovinos, o teor obtido na cultivar Massai está próximo do limite crítico de 7%, considerado por Milford e Minson (1965), abaixo do qual ocorreria restrição ao consumo voluntário, pela restrição da atividade dos microrganismos do rúmen e, conseqüentemente, com redução da taxa de digestão da fibra, aumentando o tempo de retenção da forragem no rúmen.

Os teores de PB determinados na porção CO, das cultivares estudadas, foram inferiores aos encontrados nas folhas da MSD e da MSR (Figura 5.4 a, b), concordando com relatos de Diogo et al. (1995), Brâncio et al. (1997) e Santos (1997). Antes do pastejo, os

valores das cultivares Massai (6,99%) e Mombaça (6,43%) foram estatisticamente inferiores aos da Tanzânia (8,42%), abaixo do limite crítico de 7%, o que limitaria o consumo. As menores diferenças entre o teor de PB antes e depois do pastejo foram observadas na porção MM (Figura 5.4 a, b). No caso da cultivar Massai, uma possível explicação para o maior teor de PB verificado no seu material morto é a maior proporção de folhas, antes (70,89%) e depois do pastejo (40,63%) (Figura 5.2 a, b), porção esta com maior teor de PB do que a porção colmo: com maior quantidade de folhas, supõe-se que o MM conterá maior volume desta porção, compensando seu menor teor de PB.

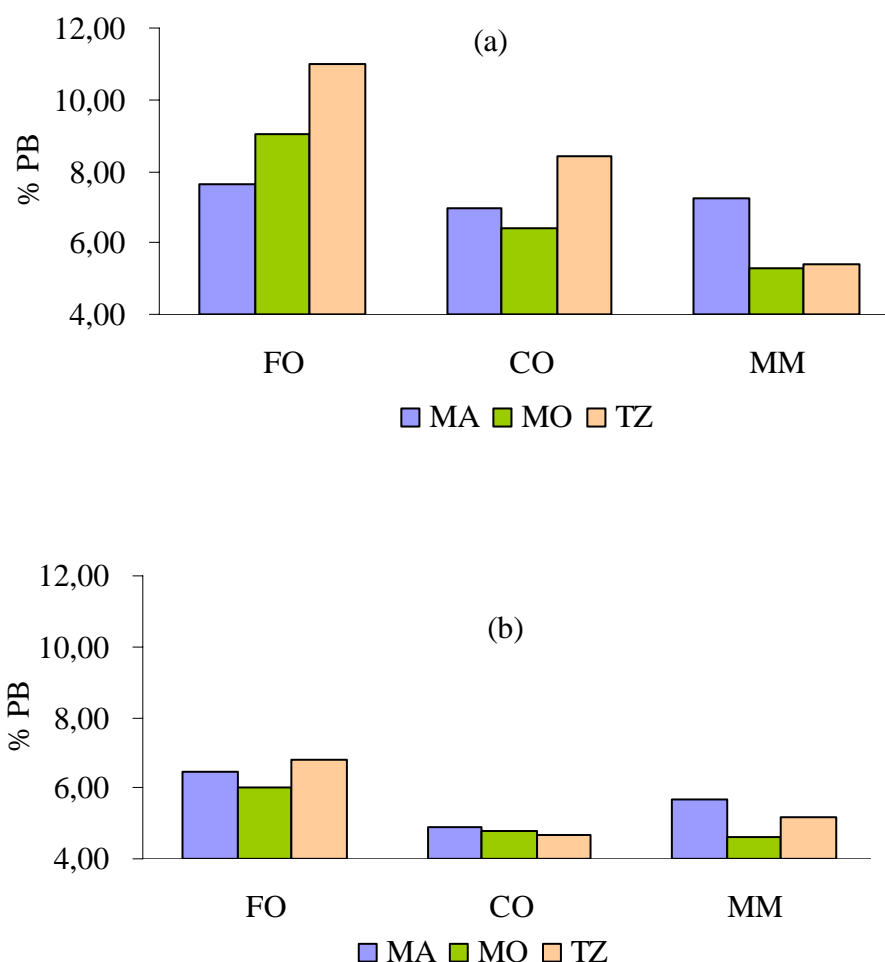


Figura 5.4. Proteína bruta (PB) nas folhas (FO), colmos + bainhas foliares (CO) e material morto (MM) da MSD (a) e MSR (b) em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai (MA), Mombaça (MO) e Tanzânia (TZ), em %. Jaguapitã-PR.

Como o objetivo principal dessas pastagens é a produção de leite por área e não por animal, os resultados obtidos, em termos de quantidade e qualidade da MSD, podem ser validados pelo desempenho animal nas mesmas. As lotações foram semelhantes nas três cultivares, mas consideravelmente superiores à média do Arenito, de 1,5 UA ha⁻¹ (Sá e Caviglione, 1999) (Tabela 5.3), tendo como consequência direta o incremento da produtividade, acima de 30.000 kg leite ha ano⁻¹, muito superior à média nacional, que gira em torno de 1.000 kg leite ha ano⁻¹ (Matos, 2002), e à do Arenito, de 2.664 kg ha ano⁻¹, baseada na produtividade média das vacas no Paraná (1.776 kg vaca ano⁻¹) (Láctea Brasil, 2006) e considerando que 1 vaca = 1 UA. Estes resultados confirmam que o manejo adequado de pastagens constituídas por espécies tropicais pode resultar em elevadas produções de leite (Stobbs, 1976; Martinez et al., 1980), podendo atingir até 4.500 kg vaca lactação⁻¹, sem utilização de concentrados (Cowan, 1990).

Tabela 5.3. Taxa de lotação e produção estimada de leite de vacas mestiças em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. cultivares Massai, Mombaça e Tanzânia. Jaguapitã-PR⁽¹⁾.

	Cultivar		
	Massai	Mombaça	Tanzânia
Lotação (vacas ha ⁻¹)	7,5	8,2	8,4
Lotação (UA ha ⁻¹) ⁽²⁾	8,5	9,3	9,5
Produção de leite (kg vaca dia ⁻¹)	11,30	11,00	11,57
Produção de leite (kg ha dia ⁻¹)	84,96	90,20	97,01
Produção de leite (kg ha ano ⁻¹)	30.923	32.875	34.925

⁽¹⁾ Média de 14 avaliações mensais, no período de 17/02/05 a 19/04/06.

⁽²⁾ Peso vivo médio das vacas: 507 kg.

A maior produção estimada de leite por área, no período experimental de 426 dias, foi obtida com a cv. Tanzânia. Este resultado pode ser atribuído à combinação da maior produção média das vacas que pastejaram a cv. Tanzânia (11,57 kg leite dia⁻¹), com a maior lotação por área (8,4 vacas ha⁻¹), associada à sua MS de melhor qualidade (maior teor de PB e menor de FB). A menor produção foi verificada na cv. Massai, com média de 30.923

kg leite ha ano⁻¹ (Tabela 5.3), que pode ser devida aos menores teores de PB e aos maiores de FB, estimados na sua MSD (Tabela 5.2), apesar da maior proporção de folhas (Figura 5.2 a), e à menor produção de MSD no período experimental (Tabela 5.1). Não existem estudos de avaliação de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. com produção de leite a pasto (Cecato, 2002).

Em pastagem de *Cynodon dactylon* (L.) Pers cv. Coast-cross sob pastejo rotacionado com vacas da raça Holandesa, com peso vivo médio de 601,5 kg, durante 304 dias, Alvim e Botrel (2001) obtiveram 26.539, 31.494 e 32.194 kg leite ha⁻¹, com lotação média de 5,0, 5,8 e 5,9 vacas ha⁻¹ para as doses de 100, 250 e 400 kg N ha ano⁻¹, respectivamente. Deresz et al. (1994) verificaram produções em torno de 11.000 kg leite ha⁻¹ em um período de 180 dias, com vacas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), manejado com 30, 37,5 e 45 dias de descanso.

5.6 CONCLUSÕES

1. A utilização do período de descanso de 29 dias, para diferentes cultivares de *Panicum maximum* Jacq., provoca acúmulo excessivo de matéria seca e perdas de forragem nas cultivares avaliadas.

2. Entre as cultivares estudadas, a Massai tem o menor valor nutritivo e, portanto, a sua utilização como opção forrageira em sistemas de produção de leite a pasto deve basear-se em outras características agrônômicas ou em ciclos de pastejo mais curtos.

3. A cultivar Tanzânia é a uma boa opção forrageira para sistemas de produção de leite a pasto do Arenito Caiuá.

5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, J. J. S. Valor nutritivo de plantas forrageiras. In: MONTEIRO, A. L. G.; MORAIS, A.; CÔRREA, E. A. S.; OLIVEIRA, J. C.; SÁ, J. P. G.; ALVES, S. J.; POSTIGLIONI, S. R.; CECATO, U. (Ed.). **Forragicultura no Paraná**. Londrina: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 1996. p.93-108.

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

BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JR., D.; MORAES, E.A. Avaliação de pastagem nativa dos cerrados submetida à queima anual. 2. Qualidade da dieta de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.26, n.3, p.438-442, 1997.

BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; REGAZZI, A. J.; ALMEIDA, R. G.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.4, p.1605-1613, 2002.

BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; FONSECA, D. M.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: composição da dieta, consumo de matéria seca e ganho de peso animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1037-1044, 2003.

BROWNING, G. M. Forrajes: la ciencia de la agricultura basada en producción de pastos. In: HEAT, M. E., BARNES, R. F., METECALFE, D. S. (Eds.) **Las forrages y la conservacion del suelo**. Iowa: State University Press. p. 47-58, 1978.

CÂNDIDO, M. J. D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, W. E. Período de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em pastagem de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.5, supl.2, p.1459-1467, 2005.

CANO, C. C. P.; CECATO, U.; CANTO, M. W.; SANTOS, G. T.; GALBEIROS, S.; MARTINS, E. N.; MIRA, R. T. Valor nutritivo do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, supl.2, p.1959-1968, 2004.

CECATO, U. **Influência da frequência de corte, níveis e formas de aplicação do nitrogênio sobre a produção, a composição química e algumas características da rebrota do capim Aruana (*Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana).** 1993. 112 p. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Universidade Estadual Paulista, SP.

CECATO, U.; MACHADO, A. O.; MARTINS, E. N.; PEREIRA, L. A. F.; BARBOSA, M. A. A. F.; SANTOS, G. T. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.3, p.660-668. 2000.

CECATO, U.; CASTRO, C. R. C.; CANTO, M. W.; PETERNELLI, M.; ALMEIDA JÚNIOR, J.; JOBIM, C. C.; CANO, C. C. P. Perdas de forragem em capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) manejado sob diferentes alturas sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.2, p.295-301, 2001.

CECATO, U. Produção de pastagens para produção de leite. In: SUL-LEITE SIMPÓSIO SOBRE A SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. p. 46-76.

COSTA, C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E. B. Variação na estrutura da vegetação de duas cultivares de *Panicum maximum* Jacq. (Colônia e Tobiata) submetidas a diferentes tipos de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.12, p.1659-1670, 1992.

COWAN, R. T. Responses to concentrate feeding. In: HIGH PRODUCTION PER COW SEMINAR, 1990, Sidney. **Proceedings...** Sidney: Queensland Department of Primary Industries, 1990. p. 14-26.

DERESZ, F.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; BOTREL, M. A.; AROEIRA, L. J. M.; VASQUEZ, H. M. MATOS, L.L. Utilização do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) para produção de leite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1994. p. 183-199.

DIOGO, J. M. S.; NASCIMENTO JR., D.; TORREGROZA, S. L. J. Composição botânica da dieta selecionada por novilhos em pastagem natural de Viçosa-MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.24, n.6, p.884-895, 1995.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Sistema Nacional de Levantamento e Classificação de Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Massai. Capim de múltiplo uso. Bovinos, eqüinos, ovinos**. Campo Grande: EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 2004. 1 folder.

EMATER. Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Levantamento da realidade municipal**. Jaguapitã: 2005, 11 p.

GERDES, L.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; POSSENTI, R. A.; SCHAMMASS, E. A. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.4, p.955-963, 2000.

HILLESHEIM, A.; CORSI, M. Capim elefante sob pastejo. II. Fatores que afetam as perdas e utilização de matéria seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.9, p.1233-1246, 1990.

HUGHES, T.P. Grazing intake. Farmers Handbook. Lincoln College. Animal Industries Workshop. 1983. p. 17-21.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: 1994. 49 p.

KHATOUNIAN, C. A. O manejo da fertilidade em sistemas de produção. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (Ed.). **Uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1999. p. 179-221. (IAPAR, Circular Técnica, 108).

KRAWULSKI, C. C. **Caracterização química e física de um Latossolo Vermelho do Arenito Caiuá sob diferentes sistemas de recuperação de pastagem**. 2002. 38 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, PR.

LÁCTEA BRASIL. **Estatísticas**. [S.l.]: Produção de leite. Disponível em: <http://www.lacteabrasil.org.br/pagina.asp?idS=15&idN=103>. Acesso em: 26 jul. 2006.

LUGÃO, S. M. B. **Produção de forragem e desempenho animal em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (acesso BRA-006998) adubadas com nitrogênio na região Noroeste do Estado do Paraná.** 2001. 151 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, SP.

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

MATOS, L. L. Estratégias para redução do custo de produção de leite e garantia de sustentabilidade da atividade leiteira. In: SUL-LEITE SIMPÓSIO SOBRE A SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2002, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. p. 156-183.

MATOS, L. L. Estratégias para produção eficiente de leite em pastagens tropicais. In: CARVALHO, L. A.; ZOCCAL, R.; MARTINS, P. C.; ARCURI, P. B.; MOREIRA, M. S. P. (Ed.). **Tecnologia e gestão na atividade leiteira.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. p. 241-264.

MILFORD, R.; MINSON, D. J. Intake of tropical pasture species. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9., 1965, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1965. v.1, p.815-822.

MOREIRA, F. B. **Sistemas para crescimento e terminação de bovinos de corte, avaliação das pastagens, desempenho animal, características da carcaça e qualidade da carne.** 2001. 225 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, PR.

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

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Paraná Rural. Programa de Desenvolvimento Rural do Paraná. **Manual Técnico do Sub-Programa de Manejo e Conservação do Solo.** Curitiba: 1994. 372 p.

PEDREIRA, J.V. S. Crescimento estacional dos capins colômbio (*Panicum maximum* Jacq.), gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv.), jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf.) e pangola de Taiwan A-24. **Boletim da Indústria Animal**, v.30, n.1, p.59-145, 1973.

PEDREIRA, C. G. S.; ROSSETO, F. A. A.; SILVA, S. C.; NUSSIO, L. G.; MORENO, L. S. B.; LIMA, M. L. P.; LEME, P. R. Forage yield and grazing efficiency on rotationally stocked pastures of 'Tanzania-1' guineagrass and 'Guaçu' elephantgrass. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.5, p.433-439, 2005.

PINHEIRO, V. D. **Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil**. 2002. 85 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo, SP.

RASSINI, J. B. Período de estacionalidade de produção de pastagens irrigadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.821-825, 2004.

RAUEN, M. J.; SÁ, J. C. M.; OLIVEIRA, E. F. Considerações sobre os principais solos do Paraná. In: MONTEIRO, A. L. M.; MORAES, A.; CÔRREA, E. A. S.; OLIVEIRA, J. C.; SÁ, J. P. G.; ALVES, S. J.; POSTIGLONI, S. R.; CECATO, U. (Ed.). **Forragicultura no Paraná**. Londrina: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras, 1996. p. 23-30.

SÁ, J. P. G.; CAVIGLIONE, J. H. **Arenito Caiuá – capacidade de lotação das pastagens**. Londrina: IAPAR, 1999. 15 p. (IAPAR, Informe da Pesquisa, 132).

SAS Institute. Property software release 8. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999. 956 p.

SANTOS, M. V. F. **Métodos agronômicos para estimativa de consumo e de disponibilidade de forragem na Zona da Mata, Viçosa - MG**. 1997. 155 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, MG.

SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Morphogenetic characteristics and management of Tanzania grass. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.8, p.991-997, 2003.

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

SOUZA, E. M.; ISEPON, O. J.; ALVES, J. B.; BASTOS, J. F.; LIMA, R. C. Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.4, p.1146-1155, 2005.

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

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

WERNER, J. C. Importância da interação solo-planta-animal na nutrição de ruminantes. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 1993. Brasília: MAARA/SDR/SENA. **Anais...** Brasília, 1993. p. 11-20.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo para recuperação de pastagens degradadas, tradicionalmente utilizado no Arenito Caiuá, não tem sido eficiente para recuperar a qualidade dos solos, por tratar-se da mera repetição de técnicas de preparo de solo e ressemeadura de forrageiras, com balanço energético negativo e desgaste de recursos naturais, que levarão, certamente, ao empobrecimento e desertificação da Região. Por que insistir em utilizar o preparo convencional de solos com mais de 80% de areia em sua composição granulométrica, cujos efeitos são visíveis de qualquer estrada utilizada para percorrer os municípios que compõem a Região?

Faz-se necessária a construção da qualidade dos solos do Arenito, por todos os recursos humanos que nele interagem nessa Região, imprescindível para a sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários nela inseridos, com práticas corretas de manejo do solo e da água, das pastagens e dos animais, buscando aumentar a produtividade, em termos de kg leite ha ano⁻¹.

Considerando as condições em que o presente trabalho foi realizado, que não diferem muito de tantos outros sistemas de produção de leite existentes no município de Jaguapitã e no Arenito, a sustentabilidade dos mesmos inclui:

- a correção, a reposição de nutrientes e a eliminação do preparo convencional do solo;
- a introdução de espécies forrageiras mais produtivas, preferencialmente consorciadas com leguminosas, capazes de fixar o nitrogênio atmosférico, permitindo a fertilização da pastagem com menor custo de produção e diminuição da dependência externa;

- a utilização de plantas cuja capacidade de auxiliar na recuperação do solo já é conhecida, promovendo uma escarificação natural e a ciclagem dos nutrientes no perfil do mesmo;

- a concessão de períodos de descanso para a pastagem, alternados com períodos curtos de ocupação, através do pastejo rotacionado;

- a adequação de cercas e bebedouros, com a proteção das fontes de água, incluindo a formação de matas ciliares, escassas na Região;

- o monitoramento do custo de produção da atividade leiteira;

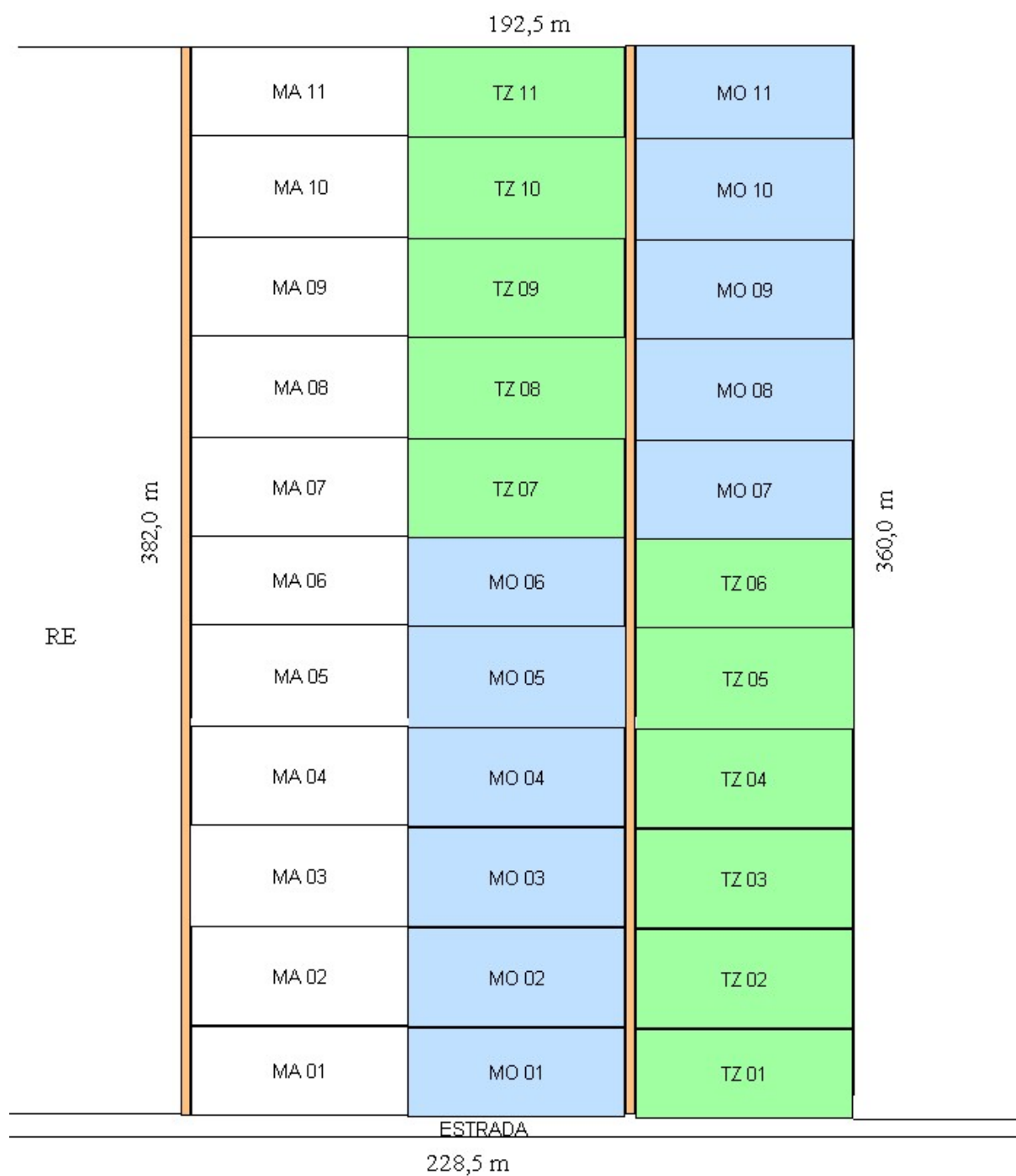
- o melhoramento genético do rebanho bovino leiteiro;

- a produção de alimentos suplementares, para fornecimento ao rebanho no período seco (inverno);

- o fornecimento e aceitação da assistência técnica pelos produtores, com mudança de alguns paradigmas sobre produção de leite, principalmente o da produção individual (kg de leite animal dia), para construir a produção por área (kg leite ha ano⁻¹).

7. ANEXOS

7.1 Anexo A: Croquis da área experimental (sem escala)



7.2 Anexo B: Fotos de raízes secas de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia

a) Profundidade 0,00-0,05 m

**Raízes finas****Raízes grossas**

b) Profundidade 0,05-0,10 m

**Raízes finas****Raízes grossas**

c) Profundidade 0,10-0,20 m

**Raízes finas****Raízes grossas**

d) Profundidade 0,20-0,40 m



Raízes finas



Raízes grossas

e) Profundidade 0,40-0,60 m



Raízes finas

7.3 Anexo C: Teses, Teses, Teses...

(Mário Prata)

Sabe tese, de faculdade? Aquela que defendem? Com unhas e dentes? É desta tese que estou falando. Você deve conhecer pelo menos uma pessoa que já defendeu uma tese. Ou esteja defendendo. Sim, uma tese é defendida. Ela é feita para ser atacada pela banca, que são aquelas pessoas que gostam de botar banca.

As teses são todas maravilhosas. Em tese... Você acompanha uma pessoa meses, anos, séculos, defendendo uma tese. Palpitantes assuntos. Tem tese que não acaba nunca, que acompanha o elemento para a velhice. Tem até teses pós-morte.

O mais interessante na tese é que, quando nos contam, são maravilhosas, intrigantes. A gente fica curiosa, acompanha o sofrimento do autor, anos a fio. Aí ele publica, te dá uma cópia e é sempre - sempre - uma decepção. Em tese. Impossível ler uma tese de cabo a rabo. São chatíssimas. É uma pena que as teses sejam escritas apenas para o julgamento da banca circumspecta, sisuda e compenetrada em si mesma. E nós?

Sim, porque os assuntos, já disse, são maravilhosos, cativantes, as pessoas são inteligentíssimas. Temas do arco-da-velha. Mas toda tese fica no rodapé da história. Pra que tanto *sic* e tanto *apud*? *Sic* me lembra o Pasquim e *apud* não parece candidato do PFL para vereador? *Apud* Neto. Escrever uma tese é quase um voto de pobreza que a pessoa se autodecreta. O mundo pára, o dinheiro entra apertado, os filhos são abandonados, o marido que se vire. Estou acabando a tese. Essa frase significa que a pessoa vai sair do mundo. Não por alguns dias, mas anos. Tem gente que nunca mais volta.

E, depois de terminada a tese, tem a revisão da tese, depois tem a defesa da tese. E, depois da defesa, tem a publicação. E, é claro, intelectual que se preze, logo em seguida embarca noutra tese. São os profissionais, em tese. O pior é quando convidam a gente para assistir à defesa. Meu Deus, que sono! Não em tese, na prática mesmo. Orientados e orientandos (que nomes atuais!) são unânimes em afirmar que toda tese tem de ser - tem de ser! - daquele jeito. É pra não entender, mesmo. Tem de ser formatada assim. Que na Sorbonne é assim, que em Coimbra também. Na Sorbonne, desde 1257. Em Coimbra, mais moderna, desde 1290. Em tese (e na prática) são 700 anos de muita tese e pouca prática. Acho que, nas teses, tinha de ter uma norma em que, além da tese, o elemento deveria fazer também uma tesão (tese grande). Ou seja, uma versão para nós, pobres teóricos ignorantes que não votamos no *Apud* Neto. Ou seja, o elemento (ou a elementa) passa a vida a estudar um

assunto que nos interessa e nada. Pra quê? Pra virar mestre, doutor? E daí? Se ele estudou tanto aquilo, acho impossível que ele não queira que a gente saiba a que conclusões chegou. Mas jamais saberemos onde fica o bicho da goiaba quando não é tempo de goiaba. No bolso do Apud Neto?

Tem gente que vai para os Estados Unidos, para a Europa, para terminar a tese. Vão lá nas fontes. Descubrem maravilhas. E a gente não fica sabendo de nada. Só aqueles sisudos da banca. E o cara dá logo um dez com louvor. Louvor para quem? Que exaltação, que ecômio é isso? E tem mais: as bolsas para os que defendem as teses são uma pobreza. Tem viagens, compra de livros caros, horas na Internet da vida, separações, pensão para os filhos que a mulher levou embora. É, defender uma tese é mesmo um voto de pobreza, já diria São Francisco de Assis. Em tese. Tenho um casal de amigos que há uns dez anos prepara suas teses. Cada um, uma. Dia desses a filha, de 10 anos, no café da manhã, ameaçou:

- Não vou mais estudar! Não vou mais à escola.

Os dois pararam - momentaneamente - de pensar nas teses.

- O quê? Pirou?

- Quero estudar mais, não. Olha vocês dois. Não fazem mais nada na vida. É só a tese, a tese, a tese. Não pode comprar bicicleta por causa da tese. A gente não pode ir para a praia por causa da tese. Tudo é pra quando acabar a tese. Até trocar o pano do sofá. Se eu estudar vou acabar numa tese. Quero estudar mais, não. Não me deixam nem mexer mais no computador. Vocês acham mesmo que eu vou deletar a tese de vocês? Pensando bem, até que não é uma má idéia!

Quando é que alguém vai ter a prática idéia de escrever uma tese sobre a tese? Ou uma outra sobre a vida nos rodapés da história? Acho que seria um tesão.

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](#)