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

**Modelagem de algumas características qualitativas de capins do
gênero *Panicum* em função de variáveis climáticas**

Marília Gabriela Faustino

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

Piracicaba
2007

Marília Gabriela Faustino
Zootecnista

**Modelagem de algumas características qualitativas de capins do gênero
Panicum em função de variáveis climáticas**

Orientador:

Prof. Dr. **CARLOS GUILHERME SILVEIRA PEDREIRA**

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

**Piracicaba
2007**

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

Faustino, Marília Gabriela

Modelagem de algumas características qualitativas de capins do gênero *Panicum* em função de variáveis climáticas / Marília Gabriela Faustino. - - Piracicaba, 2007.
75 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Adubação 2. Capins 3. Carboidratos 4. Climatologia 5. Fisiologia vegetal
6. Forragem 7. Morfologia vegetal 8. Produção vegetal I. Título

CDD 633.2

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

DEDICO

Aos meus pais ESTELA e WAGNER (*in memorian*),
Aos meus irmãos GUSTAVO e JULIA,
e a minha avó BENEDITA pelo carinho, paciência e amor.

OFEREÇO

Ao meu filho JOÃO HENRIQUE que com seu sorriso me faz seguir em frente.
E ao meu marido TONY pelo incentivo e amor.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por guiar o meu caminho e poder conceder uma família unida, que sempre incentivou e apoiou o meu sonho de estudar.

A minha família, especialmente minha mãe, meus irmãos, meu marido e meu filho.

Ao Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira pela orientação, dedicação e paciência, que por muitas vezes teve um papel de “pai” dando puxões de orelha e conselhos nos momentos de desesperança.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos Profs. Dr. Luís Gustavo Nussio e Wilson R. Matos pelos conselhos e auxílio.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ) em especial ao Departamento de Zootecnia – Setor de Ruminantes.

Ao Prof. Dr. Irineu Umberto Packer, pelas sugestões e auxílio na condução das análises estatísticas dos dados.

As amigas Vanessa Pillon dos Santos e Kátia de Oliveira, exemplos de simplicidade e alegria, amigas para todas as horas.

Ao Carlos César Alves, funcionário do Laboratório de Bromatologia, pela amizade e auxílio na condução das análises laboratoriais.

A Dra. Carla Maris Machado Bittar pela amizade e incentivo.

Aos novos amigos Bruno Carneiro e Pedreira (Baiano), Maity Zopollato (Puki), Lucas Silveira Ferreira e Leonardo Simões de Barros Moreno (Korado).

Aos amigos e colegas Alessandra A. Giacomini, Cauê Zeferino (Juruna) e João Menezes de Souza Neto do Laboratório de Plantas Forrageiras pelo companheirismo, amizade e auxílio na condução das atividades durante o curso. E a todos aqueles que passaram pelo Departamento durante as atividades na condução do experimento.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Zootecnia.

Às minhas cunhadas Meri, Luci e Laine e cunhado Lú que participaram mesmo que distantes desta minha trajetória.

A minha sogra Milú e sogro Ângelo pelo apoio e carinho.

Às amigas Ana Carolina Nascimento Alves (Carú), Van e aos amigos Gregori Ferrão, Jean Gabriel e Lucas Ferreira pela agradável convivência.

Ao animal Elefanta (*in memorian*), sempre tranqüila e paciente durante o transcorrer do experimento.

A todos que de alguma forma, fizeram parte desta fase, participando direta ou indiretamente na realização dos trabalhos ou simplesmente dividindo momentos de descontração.

MUITO OBRIGADA!

**“Ergue-te e caminha, enxuga as lágrimas e fita os céus,
DEUS que te sustentou até ontem, sustentará hoje e sempre,
A sombra vale para destacar a luz,
Surge a dor para aumentar a alegria,
Se provações te feriram, esquece,
Se desenganos te amargaram a existência, não esmoreças,
Escuta a esperança, no silêncio da própria alma, a falar-te de futuro e de
amor, de beleza e eternidade e transforma a benção das horas em
riqueza de trabalho,
Olvida toda a sombra, à procura de mais luz e perceberás que DEUS está
contigo, em teu próprio coração, a estender-te os braços abertos.”**

MEI - MEI

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	14
1 INTRODUÇÃO	16
2 DESENVOLVIMENTO.....	19
2.1 Revisão Bibliográfica.....	19
2.1.1 O gênero <i>Panicum</i>	19
2.1.1.1 Origem e introdução do gênero <i>Panicum</i> no Brasil	19
2.1.1.2 Variabilidade genética do gênero <i>Panicum</i>	20
2.1.1.3 Características produtivas e qualitativas da forragem de <i>Panicum</i> s	21
2.1.2 Efeitos da temperatura sobre a produtividade e o valor nutritivo da forragem	23
2.1.3 Efeito da disponibilidade hídrica sobre a produtividade e o valor nutritivo da forragem.....	25
2.1.4 A luz como determinante da produtividade e do valor nutritivo da forragem.....	27
2.1.5 O fator genético e programas de melhoramento visando aumento de produtividade e valor nutritivo em plantas forrageiras	29
2.1.6 Modelos matemáticos e seu uso na previsão das características agrônômicas e qualitativas de plantas forrageiras.....	31
3 Material e métodos.....	33
3.1 Local do experimento, dados climáticos, delineamento experimental e tratamentos	33
3.2 Manejo da irrigação e da adubação	35
3.3 Cálculo da Unidade Fototérmica (UF)	36
3.4 Amostras de forragem coletadas ao final do período de rebrotação	37
3.5 Acompanhamento de ciclos de rebrotação no verão e no inverno.....	38
3.6 Determinação da degradabilidade <i>in situ</i> das amostras coletadas ao final do período de rebrotação e das amostras de acompanhamento dos ciclos de rebrotação	39
4 Análise Estatística	44
5 Resultados e Discussão	45

5.1 Variáveis da degradabilidade <i>in situ</i> nas estações do ano, verão e inverno, de capins do gênero <i>Panicum</i>	45
5.1.1 Degradabilidade da matéria seca (MS)	45
5.1.2 Degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN)	47
5.1.3 Degradabilidade da fibra em detergente ácido.....	50
6. Modelos climáticos	52
6.1 Modelos climáticos de degradabilidade efetiva da matéria seca.....	52
6.2 Modelos climáticos de degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro	57
6.3 Modelos climáticos de degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido.....	60
7. CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS.....	66

RESUMO

Modelagem de algumas características qualitativas de capins do gênero *Panicum* em função de variáveis climáticas

Modelos propostos para a previsão da produção forrageira e das características qualitativas da forragem ao longo do ano podem ser ferramentas valiosas no planejamento de sistemas de produção animal baseados em pastagens, desde que englobem as variáveis determinantes do crescimento das plantas para que possam fornecer valores condizentes com os verificados em condições de campo. Esse estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar características qualitativas da forragem de cinco cultivares de capins do gênero *Panicum* em resposta às variações estacionais na temperatura do ar e do fotoperíodo, fazendo uso de modelos baseados em soma calórica (graus-dia) e soma calórica combinada com o fotoperíodo (unidades fototérmicas) acumulados durante períodos de crescimento no inverno e no verão. Cinco capins do gênero *Panicum* foram utilizados: Atlas, Massai, Mombaça, Tanzânia e Tobiatã, cortados a cada 28 dias (Atlas, Massai e Mombaça) e 35 dias (Tanzânia e Tobiatã) no verão (21 de setembro a 22 de março) e 49 dias (Atlas, Massai e Mombaça) e 63 dias (Tanzânia e Tobiatã) no inverno (23 de março a 20 de setembro) a uma altura de 35 cm (Atlas, Mombaça, Tanzânia e Tobiatã) e 15 cm (Massai), as parcelas eram irrigadas para garantir ausência de déficit hídrico, o intuito foi caracterizar às variáveis da degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS), da fibra em detergente neutro (FDN), e da fibra em detergente ácido (FDA), no verão e no inverno. O cultivar Massai apresentou os maiores valores numéricos de DP. Entretanto, para a DE o cultivar Atlas apresentou maior degradabilidade da MS e FDN. Para a composição dos modelos climáticos de degradabilidade efetiva da MS, FDN e FDA, acompanhou-se semanalmente uma rebrotação de verão e bissemanalmente uma rebrotação de inverno. Os cultivares apresentaram diferentes valores de MS, FDN e FDA, demonstrando que apesar de cada capim apresentar um valor de intercepto distinto para cada característica nutricional avaliada, os padrões de redução dessas características são uniformes dentro da estação. Em todos os modelos gerados para a MS, independente da estação ou da variável climática, os cultivares: Atlas, Massai e Mombaça apresentaram valores de intercepto maiores, demonstrando uma maior DE da MS no início da rebrotação, em relação aos cultivares Tobiatã e Tanzânia. Isso provavelmente está relacionado ao menor intervalo entre cortes submetido a esses cultivares, o que propicia às plantas uma menor maturidade fisiológica. Para as fibras (FDN e FDA) somente o verão foi bem caracterizado pelos modelos. A DE da FDN, modelada para UF durante o período de verão, mostrou o mesmo padrão de resposta que ocorreu para a DE da MS. O capim Atlas apresentou o maior valor de intercepto, mostrando o potencial de produção de forragem de melhor valor nutritivo. Padrão semelhante ao que foi encontrado para DE da MS e FDN, foi observado para a DE da FDA, embora para esta variável os cultivares tenham sido similares. Para que os modelos possam se tornar ferramentas práticas de planejamento de sistemas de produção, há necessidade de que estudos complementares sejam realizados.

Palavra-chave: Produção de forragem; degradabilidade ruminal; modelagem; ambiente; valor nutritivo

ABSTRACT

Modeling of some qualitative characteristics of *Panicum* forage grasses as a function of climatic variables

Models for predicting forage production and nutritive value over the year can be valuable tools in planning of forage-based animal production systems, provided that they are based upon environmental variables that not only can explain plant, but also are consistent with values of those responses measured in the field. This study it was conducted with the objective of evaluating some qualitative characteristics of the forage of five *Panicum* grasses in response to variations in air temperature (degree-days) and a combination between temperature and daylength, defined as photothermal units, both accumulated during periods of growth in winter and summer. Five *Panicum* spp were studied: Atlas, Massai, Mombaça, Tanzânia e Tobiatã, clipped every 28 days (Atlas, Massai e Mombaça) or 35 days (Tanzânia e Tobiatã) in the summer (21 September to 22 March) and every 49 days (Atlas, Massai e Mombaça) or 63 days (Tanzânia e Tobiatã) in the winter (23 March to 20 September) to a stubble of 35 (Atlas, Mombaça, Tanzânia e Tobiatã) or 15 cm (Massai). Plots were irrigated to avoid water deficit, and forage samples were analyzed for *in situ* dry matter (DM) degradability, plus that of the neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF), using six incubation times: 96, 48, 24, 12, 6, 3 and 0 hours. Massai had the highest potential degradability (PD) and Atlas had the highest effective degradability (ED) both for DM and NDF. For the parameterization of the climatic models of degradability of DM, NDF, and ADF, a summer regrowth was sampled weekly and a winter regrowth was sampled bi-weekly. Grasses showed different degradability values for DM, NDF and ADF, and although model intercepts were distinct across responses, rates of decline in nutritive value with increased maturity were similar, as slopes did not differ. The use of degree-days and photothermal units was efficient in predicting these qualitative characteristics of *Panicum* grasses. In all models generated for DM degradability, regardless of season or climatic variable, Atlas, Massai and Mombaça had higher model intercepts, indicating higher ED of the DM early in the regrowth phase, compared with Tobiatã and Tanzânia. This can partially explained by the higher clipping frequency and lower forage maturity of the former three cultivars. This, in turn limited the production of stems and the thickening of cell walls. For the fibrous fractions, only the summer was well described by the climatic models. The NDF ED model was similar to that of the DM ED model during the summer. The model for Atlas had the highest intercept, suggesting that this cultivar can produce higher quality forage, compared to the other cultivars studied. A similar trend to that of ED of DM was found for ED of NDF although for this variable cultivars did not differ. In order for these models to become useful tools for systems planning and management, more research is needed in order to increase data libraries, and to include a wider range of environmental and management conditions.

Key-words: Environment; forage production; modeling; nutritive value; ruminal degradability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista geral da área experimental.....	34
Figura 2 - (A) pesagem dos saquinhos de náilon e da forragem moída a 5 mm; (B) saquinhos de náilon contendo forragem moída a 5 mm; (C) corrente com os saquinhos.....	41
Figura 3 - (A) retirada dos saquinhos do rúmen; (B) lavagem dos saquinhos.....	43
Figura 4 - Degradabilidade efetiva da MS (%) em cultivares de <i>Panicum</i> spp. durante o verão, em função de graus-dia (GD).....	54
Figura 5 - Degradabilidade efetiva da MS (%) em cultivares de <i>Panicum</i> spp. durante o inverno, em função de graus-dia (GD)	55
Figura 6 - Degradabilidade efetiva da MS (%) em cultivares de <i>Panicum</i> spp. durante o verão, em função de unidades fototérmicas (UF)	55
Figura 7 - Degradabilidade efetiva da MS (%) em cultivares de <i>Panicum</i> spp. durante o inverno, em função de unidades fototérmicas (UF)	56
Figura 8 - Degradabilidade efetiva da FDN (%) em cultivares de <i>Panicum</i> spp. durante o verão, em função de unidades fototérmicas (UF)	59
Figura 10 - Degradabilidade da FDA (%) em cultivares de <i>Panicum</i> spp. durante o verão, em função de unidades fototérmicas (UF).	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise de terra do solo da área experimental	34
Tabela 2 - Cronograma de amostragem dos ciclos de rebrotações acompanhadas no verão e inverno	39
Tabela 3 - Composição bromatológica da dieta experimental.....	40
Tabela 4 - Composição químico-bromatológica dos cultivares incubados nas diferentes estações (inverno e verão).....	41
Tabela 5 - Variáveis da degradação da matéria seca (MS) dos cultivares de Panicum spp. in situ no final do período de rebrotação do verão e inverno.....	47
Tabela 6 - Variáveis da degradação da fibra em detergente neutro (FDN) dos cultivares de Panicum spp. in situ no final do período de rebrotação do verão e inverno	50
Tabela 7 - Variáveis de degradação da fibra em detergente ácido (FDA) dos cultivares de Panicum spp. in situ no final do período de rebrotação do verão e inverno.	52
Tabela 8 - Modelos de previsão da degradabilidade efetiva da MS (%) em função das variáveis climáticas: unidades fototérmicas (UF) e graus dias (GD) para cultivares de Panicum spp.	53
Tabela 9. Valores de degradabilidade efetiva de MS (%) observada versus a estimada pelos modelos de GD.....	57
Tabela 10 - Valores de degradabilidade efetiva de MS (%) observada versus a estimada pelos modelos de UF	57
Tabela 11 - Modelos de previsão da degradabilidade efetiva da FDN (%) em função das variáveis climáticas: unidades fototérmicas (UF) e graus dias (GD) para cultivares de Panicum spp	59
Tabela 12 - Valores de degradabilidade efetiva de FDN (%) observada versus a estimada pelos modelos de UF	60

Tabela 13 - Modelos de previsão da degradabilidade efetiva da FDA (%) em função das variáveis climáticas: unidades fototérmicas (UF) e graus dias (GD) para cultivares de <i>Panicum</i> spp.	61
Tabela 14 - Valores de degradabilidade efetiva de FDA (%) observada versus a estimada pelos modelos de GD	61
Tabela 15 - Valores de degradabilidade efetiva de FDA (%) observada versus a estimada pelos modelos de UF	62

1 INTRODUÇÃO

O lançamento de novos cultivares de plantas forrageiras, associado à recomendação e utilização por técnicos e produtores, respectivamente, muitas vezes sem critérios, tem preocupado e incentivado pesquisadores a procurar determinar o manejo adequado desses recursos, através de ensaios de avaliação da pastagem e do animal, quando submetidos a diferentes condições edafo-climáticas e de manejo. O conhecimento do manejo adequado desses materiais, melhorando sua resposta produtiva, eficiência de colheita e persistência sob pastejo, evitaria que produtores sempre estivessem à procura de uma espécie forrageira “milagrosa”, além de desacelerar a degradação dessas áreas e de reverter o quadro de baixo desempenho animal em pastagens, elevando a rentabilidade deste setor.

As gramíneas forrageiras representam uma gama de alimentos que permitem a obtenção de produtos de origem animal com os menores custos. Entretanto, de acordo com Burns et al. (1992), a grande diversidade de forragens representa ao mesmo tempo oportunidade e desafios para a utilização desses alimentos nas dietas de ruminantes. Esta diversidade não se refere apenas à enorme quantidade de espécies com potencial forrageiro, mas também às grandes variações produtivas e qualitativas encontradas para uma mesma espécie forrageira.

O potencial produtivo das gramíneas forrageiras tropicais tem sido ressaltado e pode ser justificado pela existência de espécies forrageiras extremamente produtivas e adaptadas ao pastejo, como é o caso dos capins do gênero *Panicum*. Esse grupo é um dos mais utilizados nas áreas de pastagens cultivadas do Brasil, representando boa parte dos esforços e recursos investidos em programas de pesquisa, melhoramento e introdução de novas espécies e cultivares. No entanto, do ponto de vista prático, os benefícios desse potencial de produção raramente têm sido alcançados no país, uma vez que os indicadores produtivos e zootécnicos apontam para aumentos de produtividade muito modestos, aquém do que poderia ser obtido (NASCIMENTO Jr. et al., 2004). Vale ressaltar que pouco se conhece sobre as características nutricionais deste gênero durante seu crescimento e ao longo das diferentes estações do ano, visto que são plantas de desenvolvimento rápido e sofrem grandes alterações em sua composição morfológica e nutricional durante esse processo (SOUZA NETO, 2004).

O valor nutritivo das plantas forrageiras pode estar relacionado às características genéticas de morfologia da planta, relação folha:colmo (F:C) e teores e composição da fibra em detergente ácido (FDA) e da fibra em detergente neutro (FDN) (MINSON, 1971 e EUCLIDES et al., 1995). O conhecimento do ponto ótimo do manejo de colheita com a utilização da forragem no momento de melhor valor nutritivo é essencial, pois a redução no valor nutritivo ocorre de forma abrupta, e a partir deste ponto ótimo ele diminui rapidamente (EUCLIDES et al, 1995).

As plantas forrageiras não crescem uniformemente ao longo do ano. Além de variações de temperatura e fotoperíodo, a estacionalidade das chuvas não permite uma produção uniforme de forragem durante o ano. Além dessas variações nas taxas de crescimento, existem alterações nas características morfológicas e nutricionais da forragem (EUCLIDES, 1993). Vários são os fatores determinantes da estacionalidade de produção de forragem, dentre os quais temperatura do ar, radiação global incidente, fotoperíodo e umidade do solo são considerados os principais (VILLA NOVA et al., 1999).

Em algumas regiões dos trópicos e sub-trópicos, as baixas temperaturas noturnas são apontadas como sendo um dos principais agentes causadores da estacionalidade de crescimento de plantas forrageiras tropicais. Entretanto, um dos principais problemas da interpretação de resultados experimentais em ambientes sob condições controladas pode ser a dificuldade de se separar os efeitos de luz (fotoperíodo e intensidade de luz) dos da temperatura no crescimento de plantas (ROLIM, 1980).

O desenvolvimento de modelos que estimem a produção e o valor nutritivo da forragem com base em variáveis físicas do ambiente, ao invés simplesmente da idade cronológica da planta forrageira pode ser uma ferramenta de auxílio na tomada de decisões em sistemas de produção animal baseados em pastagens. Modelos baseados unicamente em soma térmica (graus-dia, GD) podem não ser os mais adequados para previsão da produção de forragem, já que as variações estacionais da produção são frequentemente muito maiores que as variações estacionais de soma térmica, o que sugere a existência de outros fatores climáticos atuando na determinação das características agrônomicas e qualitativas da forragem produzida. Uma alternativa que tem alcançado bons resultados, com o objetivo de ajustar os efeitos de fatores

ambientais sobre a resposta produtiva das culturas, é o uso da unidade fototérmica (UF), índice climático que expressa a combinação dos efeitos da temperatura do ar e do fotoperíodo, para explicar as respostas das culturas às oscilações estacionais do ambiente (VILLA NOVA et al, 1999).

O objetivo do presente estudo foi o de avaliar algumas características qualitativas da forragem de cinco cultivares de capins do gênero *Panicum* em resposta às variações estacionais na temperatura do ar e do fotoperíodo, fazendo uso de modelos baseados em soma calórica (graus-dia) e soma calórica combinada com o fotoperíodo (unidades fototérmicas) acumulados durante períodos de crescimento no inverno e no verão.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

2.1.1 O gênero *Panicum*

2.1.1.1 Origem e introdução do gênero *Panicum* no Brasil

As gramíneas do gênero *Panicum* são nativas da África Tropical, estendendo-se até as áreas subtropicais da África do Sul. Ocorrem naturalmente desde o nível do mar até 1.800 m de altitude, às margens de florestas, como gramíneas pioneiras em áreas desmatadas e em áreas de savanas com árvores isoladas, onde crescem em condições de sombreamento leve sob a copa das árvores. *Panicum maximum* (Jacq.) é uma espécie com grande variabilidade genética, com inúmeros ecótipos distintos, ocorrendo especialmente no leste da África, com mais de uma dúzia de variedades botânicas já descritas (HERLING et al., 2000).

Embora não esteja até hoje completamente elucidada, para Chase (1944) a introdução do *Panicum* no Brasil parece ter ocorrido em função da importação de escravos africanos que o utilizavam como cama nos navios que os traziam ao país, estabelecendo-se, portanto, de início nos locais onde os navios eram descarregados.

A notável adaptação das espécies do gênero *Panicum* aos tipos de solo e ao clima brasileiros além de outras características inerentes a essas espécies lhes confere a classificação de pioneiras, com a capacidade de utilizar eficientemente altas intensidades de luz associadas com a formação de clareiras na vegetação, desenvolvimento rápido e grande produção de sementes (DIAS FILHO, 1995), tendo isso contribuído para a substituição de áreas de floresta da América Tropical por áreas de agricultura (PARSONS, 1972) e favorecido a ampla disseminação das espécies de *Panicum* pelo Brasil. Além disso, atributos como elevadas taxas de crescimento, ampla adaptabilidade, boa qualidade de forragem e facilidade de estabelecimento chamaram a atenção de pecuaristas, que passaram a implantar grandes áreas de pastagens com capins deste gênero em meados da década de 1970. Nessa época, na região noroeste

do estado de São Paulo (local onde se difundiu rapidamente) o gênero *Panicum* foi um dos mais representativos contribuintes para a manutenção do rebanho bovino, representando 32% da área de pastagens neste estado (ARONOVICH, 1995). As gramíneas do gênero *Panicum* são consideradas das mais importantes para a produção pecuária nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (SOUZA, 1999; HERLING et al., 2000), ocupando proporções significativas das áreas de pastagens cultivadas dessas regiões e desempenhando papel importante na produção de carne e leite a pasto (HERLING et al., 2000).

2.1.1.2 Variabilidade genética do gênero *Panicum*

O cultivar Colonião, o mais difundido no país (apesar de não mais ser recomendado para a formação de novas áreas), provavelmente foi a forma como o gênero *Panicum* foi introduzido no Brasil. Os capins Búfalo, Gatton Panic, Green Panic, Guiné, Makueni e Sempre Verde são cultivares lançados há muitos anos e também não mais recomendados para a formação de novas áreas de pastagens (ARONOVICH, 1995). Em 1986 e 1988 foram lançados pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) os capins Centenário e Centauro, respectivamente, e em 1990 o Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA – Cerrados) lançou o cv. Vencedor. Naquele mesmo ano o Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (EMBRAPA – Gado de Corte) lançou o capim Tanzânia – 1 e em 1993 o capim Mombaça (JANK, 1995). Recentemente foram lançados no mercado os cultivares Massai, um híbrido espontâneo entre *Panicum maximum* e *Panicum infestum* (em 2001 pela EMBRAPA – Gado de Corte, e Atlas (em 2002, pelo Instituto Agrônomo de Campinas). Diversas foram as introduções no Brasil de material genético do gênero *Panicum*. O cultivar Aruana (Instituto de Zootecnia, 1989). Na Austrália foram desenvolvidos os cultivares Gatton e Hamil (JANK, 1995) e o Tobiatã, lançado pelo ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) na Costa do Marfim e em seguida pelo IAC no Brasil (USBERTI FILHO, 1982). Além disso, convênio firmado em 1982 pela EMBRAPA e o ORSTOM (JANK et al., 1990) detentor da mais ampla coleção do gênero, favorecem grandes avanços no

melhoramento genético do gênero *Panicum* colocando-o em evidência como espécie forrageira de importância econômica.

A falta de estudos detalhando as diferenças morfológicas, agronômicas, qualitativas e produtivas entre os materiais genéticos lançados e sobre o impacto que essas diferenças ocasionam na eficiência de utilização desses novos recursos, são frequentemente impeditivos para uma tomada de decisão com base em conceitos sólidos que permitam a otimização do uso do recurso forrageiro.

2.1.1.3 Características produtivas e qualitativas da forragem de *Panicum* spp

É importante conhecer o aspecto qualitativo da forragem quando se trabalha em sistemas de produção animal baseado em pastagens, definindo portanto o potencial produtivo desta em produzir carne, leite entre outros produtos. O valor nutritivo da forragem se caracteriza por sua composição química, digestibilidade e a natureza dos produtos digeridos. A composição química é um fator associado somente com a planta e o meio ambiente. Por outro lado a digestibilidade, a natureza dos produtos digeridos e a eficiência de utilização são associados com a planta e o animal (MOTT e MOORE, 1985).

Diversos experimentos utilizando capins do gênero *Panicum* comprovaram o seu elevado potencial produtivo. Pernès et al. (citados por JANK, 1994), avaliando 18 variedades na Costa do Marfim, encontraram produções de 24 a 38 t MS ha⁻¹. Uebele (2002) e Bueno (2003) também relatam produções da ordem de 25 t MS ha⁻¹ano⁻¹, para o cultivar Mombaça. Santos et al. (1999) relatam produções médias de 5,5; 8 e 9 t MS ha⁻¹ e 4,5; 6 e 7 t MS ha⁻¹ por pastejo com intervalos de 28, 38 e 48 dias, para os cultivares Mombaça e Tanzânia respectivamente, de setembro a maio. Penati (2002) mediu acúmulo de forragem de 20 a 30 t ha⁻¹ ano de MS para o capim Tanzânia com resíduos variando de 1 a 3 t MS ha⁻¹.

Sob as mesmas condições de maturidade (i.e. estágio fisiológico), a variabilidade no valor nutritivo da forragem é pequena entre cultivares e até entre espécies e gêneros de gramíneas forrageiras tropicais, comparativamente às variações observadas entre idades fisiológicas (EUCLIDES, 1995). Braga (2001) encontrou teores médios de fibra

em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB) de 75%, 40% e 10% respectivamente para o capim Mombaça com 28 dias de crescimento. Em sua revisão, Herling (2000) reportou teores de 12% de PB (variando de 9 a 13% entre folhas e colmos) e 75% de FDN na forragem de *Panicum*. Tosi (1999) encontrou, para o cultivar Tanzânia, valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca, teor de PB e teor de FDN de 71%, 10% e 70% respectivamente; Teixeira (1998) encontrou valores semelhantes para o cultivar Tobiatã (13% de PB, 65% de FDN, 44% de FDA e 74% de digestibilidade *in vitro* da matéria seca). Euclides (1995) encontrou, para o cultivar Massai, valores de PB de 11,1% nas folhas, semelhante aos valores obtidos para os cultivares Mombaça (11,6%) e Tanzânia (12,3%). Entretanto, o capim Massai apresentou teor de FDN nas folhas de (75,7%) e colmos (85,4%) maior do que o Mombaça (70,9% e 78,7%) e Tanzânia (72,9% e 80%). O teor de PB nos colmos dos cultivares Mombaça (4,3%) e Massai (4,9%) foram semelhantes, porém inferiores ao do capim Tanzânia (6,2%).

De acordo com Nelson e Moser (1994), a maturidade é o principal fator que afeta a morfologia das plantas, exercendo grande influência na qualidade da forragem. Segundo todos esses autores, o valor nutritivo da forragem de *Panicum* spp foi mais alto quando a forragem foi colhida mais nova. Reid et al. (1973) observaram taxas de redução na digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 0,1 a 0,4 unidades percentuais durante a rebrotação. A redução do valor nutritivo das forragens com o avanço do estágio de crescimento está associada principalmente com a redução dos teores de PB das folhas e colmos e com o aumento das frações de FDN e FDA, com conseqüente redução na digestibilidade. A redução nos teores de PB com o avanço da maturidade das plantas, provavelmente, se deve também ao efeito de diluição dessa na matéria seca (MS) produzida (GOMIDE, 1976). Por outro lado, os teores de fibra encontrados na matéria seca de gramíneas forrageiras tropicais têm sido utilizados como índice negativo de qualidade (MATOS, 1989; PALHANO e HADDAD, 1992; VAN SOEST, 1994). Palhano e Haddad (1992), avaliando o valor nutritivo do capim 'Coastcross' (*Cynodon dactylon*) em diferentes idades de corte (20, 30, 40, 50 e 70 dias), reportaram teores de fibra em detergente neutro (FDN) crescentes variando de 68,70% aos 20 dias até 80,55% aos 70 dias.

O aumento de forragem senescente e a menor participação das folhas em relação aos colmos do dossel forrageiro, à medida que estas envelhecem, também determinam a redução no valor nutritivo. Em razão da queda do valor nutritivo e da digestibilidade o consumo de matéria seca também é afetado negativamente com o avanço da maturidade da planta, como pode ser observado a diminuição no consumo de matéria seca ($\text{g/kg}^{0,75}$) influenciado pela maturidade de capim Buffel (*Cenchrus ciliaris*) cv. Malopo, aos 30 dias ($79 \text{ g/kg}^{0,75}$), 80 dias ($55 \text{ g/kg}^{0,75}$), 150 dias ($42 \text{ g/kg}^{0,75}$) e 250 dias ($22 \text{ g/kg}^{0,75}$) (MILFORD e MINSON 1966).

O processo de maturação pode ser acelerado pela luminosidade, temperatura e umidade. Entretanto, as características genéticas de cada espécie influenciam na velocidade de maturação sendo que, de modo geral, as gramíneas apresentam queda mais drástica no valor nutritivo com a maturidade que as leguminosas, mesmo crescendo em condições semelhantes (VAN SOEST, 1994). Portanto, para a obtenção de forragem de melhor valor nutritivo deve-se buscar colher (cortar/pastejar) a gramínea no estágio de desenvolvimento em que esta apresente maiores concentrações de nutrientes e não esperar um grande acúmulo de massa de baixa qualidade.

2.1.2 Efeitos da temperatura sobre a produtividade e o valor nutritivo da forragem

Em algumas regiões dos trópicos, as baixas temperaturas noturnas são apontadas como um dos principais agentes causadores da estacionalidade de crescimento de plantas forrageiras tropicais (MORENO, 2004). Existe pouca informação na literatura relatando os efeitos diretos da temperatura sobre as reações que levam a formação da parede celular das plantas (BUXTON e FALES, 1994). Entretanto, muitos trabalhos evidenciam existir uma estreita correlação entre temperatura e concentração de componentes estruturais da célula, sugerindo que existem pontos de controle dependentes da temperatura no processo de partição de fotoassimilados entre parede celular e conteúdo celular (BUXTON e FALES, 1994). Para Van Soest (1994), temperaturas elevadas, características marcantes das condições tropicais, promovem rápida lignificação da parede celular, acelerando a atividade metabólica das células, o que resulta em decréscimo do estoque de metabólitos no conteúdo celular, além de

promover a rápida conversão dos produtos fotossintéticos em componentes da parede celular. Nessas condições, ocorrem reduções nas concentrações de lipídios, proteínas e carboidratos solúveis, e aumento nos teores de carboidratos estruturais de maneira generalizada nas espécies forrageiras, tendo como consequência, a redução sensível na digestibilidade. Os componentes da parede celular têm sua síntese mediada por reações enzimáticas que normalmente potencializam sua ação com a elevação da temperatura, a qual dentre todos os fatores do meio ambiente é aquele que maior influência exerce sobre a qualidade das plantas forrageiras (BUXTON e FALES, 1994).

De acordo com Van Soest (1994) a parede celular é composta por carboidratos estruturais de baixa solubilidade (celulose e hemicelulose) além de sílica e cutina, os quais correspondem à fração fibra em detergente neutro (FDN) da forragem, cuja digestão ocorre quase que em sua totalidade através da ação enzimática dos microrganismos do trato gastrointestinal dos ruminantes. Já o conteúdo celular é composto por amido e carboidratos solúveis, proteína, lipídios, vitaminas e minerais, correspondendo à fração solúvel ou parcialmente solúvel e de alta digestibilidade da célula da planta, os quais são digeridos tanto por enzimas dos microrganismos ruminais como por aquelas secretadas pelo aparelho digestivo dos animais monogástricos.

A adaptação térmica das plantas é o fator determinante na distribuição das espécies forrageiras pelo globo terrestre. O menor valor nutritivo das espécies forrageiras tropicais é um indicativo da influência negativa da temperatura em latitudes mais baixas (WILSON, 1982; MINSON e MCLEOD, 1970), limitando a produção animal.

Temperaturas elevadas promovem crescimento mais rápido, principalmente nas espécies tropicais e esses efeitos geralmente estão negativamente associados com a digestibilidade da parede celular, o que pode ser parcialmente devido ao aumento na proporção de lignina constatada nesta condição. De acordo com Wilson (1982) em revisão dos efeitos de fatores climáticos sobre o valor nutritivo de espécies forrageiras, a temperatura é o fator mais importante, sendo que a digestibilidade diminui de 0,08 a 1,81 unidades percentuais para cada grau centígrado de elevação da temperatura.

As espécies tropicais têm crescimento ótimo dentro de uma faixa de temperatura entre 25 e 35°C e há redução e/ou cessamento do crescimento quando a temperatura oscila entre 10 e 15°C (COOPER e TANTON, 1968). A temperatura limite inferior (T_{Bi})

ou superior (TBs), a partir da qual não ocorre mais crescimento vegetativo é chamada de temperatura base. Para gramíneas tropicais, poucas referências são feitas à temperatura base superior já que o valor que limitaria o crescimento dessas plantas seria bastante alto e dificilmente atingido em condições naturais de ambiente (MORENO, 2004). Entretanto, Mello et al. (2001) encontraram reduções na taxa de fotossíntese foliar de *P. maximum* cv. Tanzânia em temperaturas acima de 35°C, o que está dentro da faixa de valores ótimos relatadas por Cooper e Tainton (1968) para plantas tropicais. O limite inferior é mais facilmente atingível nas áreas tropicais, principalmente em áreas de maior altitude e nas regiões de maior latitude durante períodos específicos do ano (inverno).

O conhecimento da TBi permite o zoneamento de áreas ideais para algumas espécies, além de determinar áreas de maior sucesso para o emprego de tecnologias como a irrigação. Alguns modelos de previsão de produção, como os baseados em graus-dia e unidades fototérmicas, utilizam o conceito de TBi, reforçando a necessidade de informações menos generalistas (MORENO, 2004). Variações de até 13% nas TBi foram relatadas por Tonato (2003) para capins do gênero *Cynodon*, indicativo da individualidade para esta característica.

2.1.3 Efeito da disponibilidade hídrica sobre a produtividade e o valor nutritivo da forragem

A água é essencial à vida e para as plantas não poderia ser diferente, sendo o seu principal constituinte, variando seu conteúdo com o tipo e a maturidade do órgão vegetal. Assim, as raízes podem ter em torno de 70 a 90% de água; colmos de 50 a 80%; folhas 70 a 95% e sementes 5 a 15% (secas ao ar).

A água atua em diversas funções vitais à planta, como o transporte e deslocamento de solutos, fotossíntese e respiração, turgescência celular, definição da forma e estrutura dos órgãos, abertura e fechamento dos estômatos, penetração dos sistemas radiculares no solo, crescimento e expansão celular (MORENO, 2004). O estresse hídrico mesmo que em condições leves reduz a expansão foliar e além disso, a manutenção do turgor é mediada por meio de regulação osmótica, e os custos

metabólicos de síntese e transporte são priorizados em detrimento ao crescimento (BITTMAN et al., 1988).

Quanto a influência da falta de água na qualidade da forragem, os resultados de pesquisa têm apresentado divergências. Launchbaugh citado por Wilson (1982) comenta que nos anos de seca os ganhos médios diários de novilhos são superiores à média observada durante os períodos normais de chuva. Butterworth et al. (1961), atribuem o melhor desempenho dos animais, nos períodos de seca, a uma melhor acessibilidade às folhas devido ao menor desenvolvimento de colmos e ao mais baixo teor de água, o que permite um maior consumo de matéria seca da forragem. Em estudo sobre o efeito do déficit hídrico na qualidade da forragem de alfafa, Walgenbach et al. (1981) verificaram que a falta de água proporcionou maior concentração de nitrogênio nos tecidos das plantas. No entanto, Bittman et al. (1988) verificaram resultados diferentes trabalhando com gramíneas de clima temperado, onde a concentração de nitrogênio nos tecidos diminuiu devido ao estresse hídrico. Para Buxton e Fales (1994), os resultados discrepantes reportados pela literatura são devido ao grau pelo qual o estresse hídrico ocasiona a senescência de folhas e mudanças na relação folha:colmo. Por outro lado, embora a seca possa melhorar o valor nutritivo da forragem, seu efeito na produtividade animal é negativo tendo em vista a redução na produção das espécies forrageiras e, como consequência, a diminuição da capacidade suporte das pastagens.

A irrigação de pastagens no Brasil ainda é bastante empírica, sendo às vezes até casual, como no caso do surgimento de projetos na região Centro-Oeste, em decorrência do insucesso de outras explorações agrícolas (RASSINI, 2003). Apesar da água ser um fator que atua diretamente no desenvolvimento das plantas suas interações com outros fatores são também determinantes do crescimento vegetal, e fazem com que as respostas à irrigação nem sempre atendam as expectativas de incremento na produção. Entretanto, pesquisas recentes, têm demonstrado a possibilidade de se conseguir manter em pastagens irrigadas, no período da seca, de 40 a 60% da taxa de lotação animal que é mantida na primavera/verão. Por exemplo, se a taxa de lotação da pastagem for de 5 UA/ha na primavera/verão, seria possível manter de 2 a 3 UA/ha no período da seca, índice muito bom se considerarmos que em pastagens não irrigadas só

se consegue manter de 10 a 20 % da taxa de lotação obtida no período das águas em pastagens manejadas intensivamente, o que significaria abaixar a taxa de lotação de 5 UA/ha para 0,50 a 1 UA/ha.

Alvim et al. (1986) irrigaram 11 espécies forrageiras e conseguiram produção de inverno média de 30,5% da produção anual (5,6 t MS/ha ÷ 18,33 t MS/ha). Mas dividindo a produção de MS do inverno pela MS produzida no verão, e não no ano, teremos 5,6 t MS/ha ÷ 12,734 t MS/ha, o que dá uma relação inverno/verão de 44%. Corsi (1986) citou que em uma fazenda em Penápolis (SP), com o cv. Tanzânia, foi possível manter 3,5 UA/ha no inverno, lotação que representou 50% da obtida no verão. Soto (1981) destacou as baixas respostas à irrigação na época seca no que diz respeito a incrementos na produção forrageira.

É importante salientar que a irrigação é uma tecnologia agrícola, ou seja, o pecuarista que pretenda utilizá-la deve também ser um bom agricultor. Antes de irrigar a pastagem, a adoção de tecnologias que promovam altas produções de forragem, como preparo do solo, correção da fertilidade com base em análise química, escolha da melhor espécie e cultivar, adubações (manutenção/produção) e combate a pragas e doenças são imprescindíveis. Além disso, a adoção da tecnologia depende do estudo da viabilidade econômica para tal empreendimento.

2.1.4 A luz como determinante da produtividade e do valor nutritivo da forragem

A luminosidade (radiação solar) é outro fator de influência sobre os diversos processos metabólicos das plantas, particularmente sobre a fotossíntese. Normalmente, os ambientes tropicais e subtropicais são caracterizados por elevados índices de radiação, não constituindo fator limitante ao crescimento de *Panicum* (ROLIM, 1980; ALCÂNTARA e BUFARAH, 1985). Seu padrão de ocorrência e disponibilidade todavia tem influência marcante sobre a distribuição e/ou estacionalidade de produção forrageira. De acordo com Soto (1981), para o Brasil Central, a radiação solar recebida em maio, junho, julho e agosto equivale a 66% daquela de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. Esse decréscimo, aliado à entrada de massas de ar frio provenientes da região Antártica e à diminuição do fotoperíodo, determina uma acentuada variação

estacional da produção das plantas forrageiras. A estacionalidade da produção forrageira é um fenômeno que ocorre na maioria das espécies tropicais, sendo determinado em maior grau pelas limitações climáticas e exaustão energética das plantas após o estágio reprodutivo (MALDONADO et al., 1997).

Vários cultivares de *Panicum* têm sido testados sob sombreamento, todos apresentando bom desempenho (CARVALHO et al., 1997; CASTRO et al., 1999; ANDRADE et al., 2001a, 2001b). Andrade et al. (2004) conduzindo um experimento com quatro gramíneas (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. humidicola* cv. Quicuí-da-amazônia, *Panicum infestum* cv. Massai e *Paspalum notatum* cv. Pensacola) submetidos a quatro níveis de sombreamento artificial (0%, 30%, 50% e 70%), constatou que o sombreamento artificial (sombrite) apresentou efeito indireto, ou seja, amenizou o estresse hídrico durante o período seco e diminuiu a estacionalidade de produção das gramíneas forrageiras. Quanto maior o nível de sombreamento, menor a diferença entre as taxas de acúmulo de MS dos períodos chuvoso e seco; com 70% de sombra, todas as gramíneas apresentaram maior crescimento no período seco. Isto se deve às condições climáticas da região (Rondônia - RO) com altas temperaturas e maior insolação (menor nebulosidade) durante o período seco, sendo o crescimento das forrageiras, nesse período, restringido apenas pelo estresse hídrico. Os capins Marandu e Massai tiveram resposta semelhante em relação ao sombreamento no período chuvoso, com as taxas de acúmulo de MS aumentando ligeiramente com 30% de sombra, e decrescendo suavemente a partir desse nível. Com 50% e 70% de sombra, os decréscimos nas taxas de acúmulo de MS do capim Marandu foram de 13% e 60%, respectivamente, em relação à condição de pleno sol; no capim Massai estes decréscimos foram de 17% e 50% respectivamente. Estas respostas permitem classificá-las como tolerantes ao sombreamento, confirmando os resultados de outros estudos com a *B. brizantha* cv. Marandu e com outros cultivares de *Panicum maximum* (CARVALHO et al., 1997; CASTRO et al., 1999; ANDRADE et al., 2001a, 2001b).

Variações na qualidade e quantidade de luz absorvida, transmitida e refletida pelas diferentes partes da planta determinam alterações na morfologia da planta, como é o caso da relação folha:colmo. Variações no fotoperíodo têm importante papel na

indução do florescimento em muitas espécies forrageiras, o que acaba afetando a qualidade da forragem (BUXTON e FALES, 1994).

O sombreamento é uma condição freqüente para a maioria das plantas forrageiras no campo e isto pode ocorrer de diversas formas tais como: períodos nublados, uso de consorciação de espécies com diferentes alturas ou mesmo no sombreamento de partes da planta mais próximas do solo pelas partes mais próximas do topo do dossel. Vários estudos vêm demonstrando que o sombreamento causa uma queda na concentração de parede celular e concomitante aumento de digestibilidade, embora existam evidências em contrário, mostrando um certo conflito na literatura sobre o tema (BUXTON e FALES, 1994).

2.1.5 O fator genético e programas de melhoramento visando aumento de produtividade e valor nutritivo em plantas forrageiras

Em programas de melhoramento genético, estudos que objetivem a melhoria qualitativa da forragem produzida, não são priorizados num primeiro momento, pois plantas jovens para a maioria das espécies estudadas possuem alto valor nutritivo.

Sabe-se que plantas com maior maturidade proporcionam melhores ganhos de produtividade e menores custos de produção, a utilização de forragens com menor qualidade em estágios mais avançados de maturidade podem trazer maior retorno econômico. Entretanto, a busca de plantas com melhor qualidade deve ser uma preocupação de programas de melhoramento (SOUZA NETO, 2004).

A qualidade da forragem está ligada à sua digestibilidade, e esta é diretamente influenciada pelo teor de fibra da planta. Buxton e Casler (1993) consideraram os principais fatores que influenciam a digestibilidade, sendo todos relacionados à presença de fibra da planta, tais como: avanço da maturidade e crescimento; mudança na produção relativa dos tipos de células através de mudança nos tecidos estruturais de suporte e espessamento e alongamento da célula. As mudanças ocorridas na composição da parede celular são principalmente devido à alteração nos teores de lignina.

A lignina é detectada em maior quantidade na parede secundária de células, sobretudo das fibras, vasos e traqueídeos do xilema, dotando-os de rigidez, suporte mecânico e impermeabilidade, permitindo o transporte de água e solutos. Ocorre também, em menor quantidade, no periderma associado à suberina onde age como uma barreira contra patógenos. A composição da lignina varia significativamente entre espécies, dentro da espécie e também na mesma planta, pois há variações de célula para célula de acordo com a localização da parede celular, conforme o estágio de desenvolvimento da célula e do tecido, e ainda com a influência de estresses ambientais (CAMPBELL e SEDEROFF, 1996).

Buxton e Casler (1993) citaram que a seleção para redução de tecidos que limitam a digestibilidade da forragem aumenta a qualidade da forragem. Plantas mutantes por indução natural ou química foram isoladas em milho, sorgo e milheto. Folhas e colmos destas plantas também chamadas de mutante “brown-midrib” têm concentrações menores de lignina (25-50%) do que plantas normais, aumentando sua digestibilidade, sugerindo a possibilidade de melhorar a qualidade de forragens através da alteração genética do processo de lignificação.

A seleção de plantas visando exclusivamente o aumento na qualidade pode trazer efeitos indesejáveis na seleção de materiais forrageiros. Os componentes da lignina e compostos fenólicos têm efeito importante na resistência das plantas a doenças e estresse tais como temperaturas elevadas (BUXTON e CASLER, 1993). A seleção para maior digestibilidade pode resultar em plantas que apresentam mudanças em sua anatomia ou morfologia e não em sua composição. Selecionando plantas segundo seu valor nutritivo, Casler (2001) afirmou que as mudanças podem não estar associadas a modificações na quantidade dos constituintes e no desenvolvimento da parede celular. As mudanças podem se dar pelo aumento da participação de células com maior degradabilidade (parênquima) ou menor degradabilidade (esclerênquima). Alterações morfológicas podem também mascarar o resultado, pois quando se seleciona para maior digestibilidade ocorre aumento de partes da planta com maior digestibilidade, como por exemplo, um aumento na relação folha:colmo.

2.1.6 Modelos matemáticos e seu uso na previsão das características agronômicas e qualitativas de plantas forrageiras

Uma característica básica dos sistemas agrícolas, que os diferenciam de outros sistemas, é o fato de organismos vivos, animais e plantas, estarem diretamente relacionados ao processo produtivo. Isso introduz um grau de incerteza nesses sistemas, pois o número de fatores que controlam e condicionam esses sistemas é elevado. Diversas formas de descrição e de avaliação desses sistemas, através de modelos matemáticos, têm sido apresentados na literatura, variando de modelos que constituem simples equações de regressão a complexos modelos de simulação (TATIZANA, 1995).

Uma das principais dificuldades do processo de modelagem estão nos tratamentos estatísticos a serem utilizados, levando muitos pesquisadores a recorrerem a simplificações. As limitações computacionais existentes até poucos anos atrás faziam com que modelos com significado biológico e análises estatísticas precisas fossem conflitantes, levando à preferência por modelos lineares e/ou polinomiais (que geram bons resultados estatísticos) em relação àqueles não-lineares, com maior significado biológico (CACHO, 1993). Entretanto, avanços na área computacional da estatística já permitem a utilização de modelos não-lineares na modelagem de fenômenos biológicos e, além disso, o correto emprego de análises de medidas repetidas no tempo (PEEK et al., 2002).

Embora a construção de modelos, via programação matemática, tenha alcançado considerável progresso, as teorias de importantes processos biológicos ainda não são perfeitamente compreendidas o que impossibilita que sejam incorporados aos modelos desenvolvidos. A exata solução de um problema, inadequadamente definido, possui aplicação limitada (DENT e ANDERSON, 1971). Muitos modelos retratam partes específicas da realidade, ou estabelecem simplificações, a fim de tornar viável o processo analítico. Na maior parte dos casos, o propósito é a determinação de um ponto ótimo num sistema. Partindo deste princípio, o desenvolvimento de modelos matemáticos pode facilitar o manejo, o controle e a análise de decisão na propriedade

agrícola, estabelecendo critérios técnicos na implantação e condução do sistema agrícola, para sua viabilidade econômica.

Modelos de crescimento de plantas e de culturas baseados em tempo cronológico são geralmente inadequados para a estimativa da produção, uma vez que essas espécies não respondem da mesma maneira a essa variável (tempo) nas estações do ano e na mesma estação em localidades diferentes. Segundo Klepper et al. (1982), o intervalo entre o aparecimento de duas folhas só pode ser expresso em tempo cronológico em trabalhos em casa de vegetação, onde o ambiente é constante. Assim, equações que estimam a produção em função de idade da planta em dias (GONÇALVES et al., 2001) são válidas exclusivamente para aquela situação e época do ano específica em que foram determinadas.

A modelagem tem sido uma ferramenta importante na tentativa de integrar e explicar os fatores climáticos envolvidos na estacionalidade da produção das culturas. Sabe-se que outros fatores complementares à temperatura, atuam na determinação da produção e, por isso, modelos baseados unicamente em soma térmica são provavelmente inadequados para a estimativa da produção forrageira, já que as variações estacionais da produção são muito maiores que as variações de soma térmica (MORENO, 2004).

Com o objetivo de integrar os efeitos da temperatura do ar e do fotoperíodo sobre a resposta das culturas, Villa Nova et al. (1983) propuseram a unidade fototérmica (UF), índice climático que combina temperatura do ar e fotoperíodo, para a previsão da produtividade das culturas em resposta às variações estacionais climáticas. Villa Nova et al. (1999), usando os dados obtidos por Ghelfi Filho (1972) para o capim Napier irrigado (*Pennisetum purpureum* Schum.) e os dados climáticos referentes ao período estudado, relacionaram produção de matéria seca e unidade fototérmica. O modelo utilizado consegue explicar a variação na produção de forragem ($R^2 = 0,97$), levando à conclusão de que seria viável o uso da unidade fototérmica para a estimativa da produção total de forragem e de sua variação estacional para pastagens de capim elefante em condições irrigadas ou na ausência de déficit hídrico (chuvas em quantidades satisfatórias e bem distribuídas ao longo do ano). Pinheiro (2002) trabalhando com capim Tanzânia irrigado e utilizando um modelo ajustado de

produtividade (baseado na UF e na adubação nitrogenada), conseguiu $R^2 = 0,8731$ para a estimativa da produção da matéria seca desse capim, podendo ser extrapolado para várias regiões do país.

Devido à complexidade das interações envolvidas no processo produtivo, o desenvolvimento de modelos é um processo lento e depende do envolvimento de equipes multidisciplinares e, portanto, bancos de dados amplos e completos, que abranjam as áreas e disciplinas envolvidas são fundamentais para que modelos realísticos possam ser desenvolvidos. Assim, a modelagem de algumas características qualitativas de forragem em função de graus-dia e unidade fototérmica é apenas um de uma série de estudos necessários para que se obtenha um modelo que auxilie no planejamento e na tomada de decisões em sistemas de produção animal baseados na exploração de pastagens.

3 Material e métodos

3.1 Local do experimento, dados climáticos, delineamento experimental e tratamentos

A área experimental utilizada para a coleta das amostras de forragem pertence ao Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, e está localizada em Piracicaba – SP (Figura 1), a 580 m de altitude, 22°42'30"S e 47°30'W, onde as características médias das normais meteorológicas, incluem precipitação 1.247 mm/ano, 20,8°C de temperatura, 69% de umidade relativa do ar e 7 horas/dia de insolação.

O clima de Piracicaba é classificado como Cwa, isto é, mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, onde a temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa os 22°C (BRASIL, 1960).

Os dados climáticos referentes ao período experimental foram obtidos no posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ, distante cerca de 1 km da área experimental.

Figura 1 - Vista da área experimental

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho eutroférico, com horizonte A moderado e de textura argilosa/muito argilosa (EMBRAPA, 1999), sem necessidade de calagem ou fertilização corretiva, antes da instalação do experimento, devido à alta fertilidade do solo (Tabela 1):

Tabela 1 - Análise de terra do solo da área experimental

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V%
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³			mmol/dm ³				
5,5	32	70	2,2	56	25	22	82,6	105,1	79

Quatro cultivares de *Panicum maximum*: Atlas, Mombaça, Tanzânia e Tobiatã e um híbrido natural de *P. maximum* e *P. infestum*, o cultivar Massai, sob irrigação, foram utilizados no estudo. Foram estabelecidas 20 parcelas seguindo delineamento de blocos completos casualizados (cinco cultivares e quatro blocos). Cada uma das 20 unidades experimentais media 10 x 4 m, e era circundada por corredores de aproximadamente 0,8 m de largura em todos os lados.

A escolha de frequência de corte foi tomada com base em algumas características inerentes aos cultivares (MORENO, 2004). O cultivar Massai tem ciclo de florescimento precoce (JANK, comunicação pessoal) e floresce o ano todo (SAVIDAN et al., 1990) o cultivar Atlas possui ciclo de florescimento intermediário (USBERTI FILHO, comunicação pessoal), devendo ambos serem manejados com cortes mais frequentes. É característico do cultivar Tanzânia a abundância de folhas (JANK, 1995) permitindo cortes a uma frequência maior. A grande maioria dos trabalhos descritos na literatura reportam 35 dias de desfolha para o capim Tanzânia (TOSI, 1999; ROSSETO, 2000 e PENATI, 2002). O cultivar Mombaça, com maior porte e maior crescimento de colmos apresenta vantagens quando desfolhado com maior frequência (JANK, 1995). Para o cultivar Tobiata os dados são mais escassos sendo que Teixeira (1998) utilizou intervalo entre cortes de 35 dias.

3.2 Manejo da irrigação e da adubação

Com o intuito de parametrizar os modelos climáticos, que não contemplam variações na disponibilidade hídrica, a área experimental foi irrigada por aspersão durante todo o período experimental, sendo o manejo da irrigação baseado no monitoramento das condições hídricas do solo. Tais condições foram monitoradas com a utilização de dois tensiômetros instalados a 20 cm de profundidade. Antes que a tensão atingisse valores próximos a -30 cm Hg, o que equivale a 83% da capacidade de campo, a irrigação era ligada por 4 horas, equivalendo a uma precipitação de 30 mm.

Apenas adubações de produção com 250 kg de N e K₂O utilizando-se a fórmula 20-00-20 durante o verão agrostológico (outubro a março) foram efetuadas, com o intuito de simular uma situação de produção intensiva de produção de forragem sob desfolhação intermitente, as adubações continuaram ao longo do período seco do ano, totalizando 400 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e K₂O para os cultivares Tanzânia e Tobiata e 485 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N e K₂O para Atlas, Massai e Mombaça. Para tanto, optou-se por aplicações manuais imediatamente após cada corte. O procedimento de irrigação foi repetido após as adubações, os aspersores eram ligados por 30 minutos, com a

finalidade de reduzir as perdas de nitrogênio por volatilização, melhorando a eficácia da adubação.

A diferença no total anual de nitrogênio aplicado entre os cultivares Tanzânia e Tobiata e Atlas, Massai e Mombaça foi devido às diferentes freqüências de cortes adotadas, proporcionando aos cultivares Atlas, Massai e Mombaça dois cortes a mais durante o período seco do ano (abril a setembro).

3.3 Cálculo da Unidade Fototérmica (UF)

O número de Unidades Fototérmicas acumuladas em cada ciclo de crescimento foi calculado através das equações, descritas por Villa Nova et al (1983), eq. 1:

$$UF = \frac{\left(\frac{n}{2} \overline{GD}\right)^{\frac{Nf}{Ni}+1}}{\frac{Nf}{Ni} + 1} \quad (1)$$

em que UF é o número de unidades fototérmicas correspondentes ao período de n dias de crescimento após a desfolha; $\overline{GD}$ o número de graus-dia médio do período de n dias; Nf o valor do fotoperíodo (horas e décimos) no final do período de crescimento em questão e Ni o valor do fotoperíodo no início do período de crescimento.

O valor de $\overline{GD}$ é expresso pelas eq.. 2 e 3:

$$\overline{GD} = (\overline{T} - T_{Bi}) - C \quad (2) \text{ usada quando } \overline{T_m} \text{ for maior que } T_{Bi} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\overline{GD} = \frac{(\overline{T_x} - T_{Bi})^2}{2(\overline{T_x} - \overline{T_m})} - C \quad (3) \text{ usada quando } \overline{T_m} \text{ for menor que } T_{Bi} \text{ } ^\circ\text{C}$$

sendo, $\overline{GD}$ o grau-dia médio do período de n dias; $\overline{T_x}$ a média das temperaturas máximas do ar do período; $\overline{T_m}$ a média das temperaturas mínimas do ar do período; $\overline{T}$ a temperatura média do ar do período, calculada pela média de $\overline{T_x}$ e $\overline{T_m}$ e C o fator de

correção de temperatura base superior (usada somente se $\bar{T}$ for maior que 30 °C), dado pela eq. 4:

$$C = \frac{(\bar{T}_x - 30)^2}{2(\bar{T}_x - \bar{T}_m)} \quad (4)$$

Os valores de N (N_f ou N_i) para qualquer dia do ano podem ser obtidos pelas eq. 5 e 6:

$$N = 0,1333 \arccos(-\operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{tg} \phi) \quad (5)$$

onde:

$$\delta = 23,45 \operatorname{sen} \left[\frac{360}{365} (DJ - 80) \right] \quad (6)$$

sendo N o fotoperíodo (horas e décimos); ϕ = latitude do local (graus e décimos; negativa Sul, positiva Norte); δ a declinação solar (graus e décimos) e DJ o dia Juliano (nº de ordem a partir de 01 de Janeiro).

3.4 Amostras de forragem coletadas ao final do período de rebrotação

Os intervalos entre cortes foram fixados em 4 semanas (verão) e 7 semanas (inverno) para Atlas, Massai e Mombaça e em 5 semanas (verão) e 9 semanas (inverno) para Tanzânia e Tobiata. Foi estabelecido como verão o período de 21 de setembro a 22 de março e inverno o período de 23 de março a 20 de setembro.

Os cortes das amostras foram feitos com um aparador de cerca viva, coletando-se a forragem contida no interior de três quadrados de 1 m², deixando um resíduo de aproximadamente 35 cm para todos os cultivares, com exceção do Massai cortado a 15 cm do solo. A forragem fresca total de cada quadrado foi pesada e sub-amostrada em aproximadamente 600 g e as sub-amostras foram acondicionadas em sacos de pano, pesadas frescas e em seguida colocadas em estufa de circulação forçada a 65°C até peso constante e novamente pesadas para a determinação do teor de matéria seca das

amostras e conseqüentemente massa seca de forragem por unidade de área. Após secagem as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com crivo de 5 mm para as avaliações de degradabilidade *in situ*. Os resíduos de incubação da degradabilidade *in situ* foram secos em estufa de circulação de ar forçado a 65° C e moídos em moinho com crivo de 1 mm para o processamento das análises bromatológicas convencionais. Após a realização das análises dos teores dos componentes químico-bromatológicos dos resíduos de incubação, os dados obtidos foram processados utilizando-se o programa *Fit Curve* desenvolvido pela Rowett Research Institute, Aberdeen, Escócia (<http://www.mluri.sari.ac.uk/IFRU/fcurve.html>). Com o processamento dos dados, estes então foram utilizados para gerar os parâmetros de degradabilidade ruminal em função de horas de incubação.

3.5 Acompanhamento de ciclos de rebrotação no verão e no inverno

Foi estabelecido como verão o período de 21 de setembro a 22 de março, período este que apresenta melhores condições para o desenvolvimento e crescimento da planta forrageira (primavera e verão) e inverno o período de 23 de março a 20 de setembro. Durante o período experimental foram acompanhadas semanalmente (verão) e bissemanalmente (inverno) dois ciclos de crescimento (duas rebrotações), sendo um ciclo de rebrotação no verão e um ciclo de rebrotação no inverno. Nessas ocasiões, em cada data de amostragem (Tabela 2), foram cortadas duas amostras de forragem por parcela, utilizando-se uma moldura metálica de 0,5 m² por parcela e em cada quadrado era coletado a forragem contida em seu interior. Em seguida as amostras colhidas foram congeladas para subsequente separação dos seus componentes morfológicos (folha, colmo e material morto). Após separação o material foi acondicionado em estufas de circulação de ar forçado a 65°C até peso constante. Após secagem as amostras foram moídas em moinho com crivo de 5 mm para a degradabilidade *in situ*. Em seguida os resíduos da incubação ruminal da degradabilidade *in situ* foram novamente secos e moídos em moinho providos de peneira com malha de 1 mm para o processamento das análises bromatológicas. Procederam-se às análises de matéria seca (MS) conforme (AOAC, 1990), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de

acordo com Van Soest et al. (1991), com base no método seqüencial com a utilização do aparelho ANKON Fiber Analyser (ANKON® Technology Corp.) (HOLDEN, 1999). Após a realização das análises dos teores dos componentes químico-bromatológicos, os dados obtidos das amostras incubadas *in situ* foram processados utilizando-se o programa *Fit Curve*. Após o processamento dos dados, os mesmos foram então utilizados para gerar os modelos climáticos de degradabilidade.

Tabela 2 - Cronograma de amostragem dos ciclos de rebrotações acompanhadas no verão e inverno

Estação	Dia	Tanzânia/Tobiatã	Atlas/Massai/Mombaça
Verão	0	24/jan/03	17/jan/03
Verão	7	31/jan/03	24/jan/03
Verão	14	07/fev/03	31/jan/03
Verão	21	14/fev/03	07/fev/03
Verão	28	21/fev/03	14/fev/03
Verão	35	28/fev/03	-
Inverno	0	10/jun/03	03/jun/03
Inverno	7	17/jun/03	10/jun/03
Inverno	21	01/jul/03	24/jun/03
Inverno	35	15/jul/03	08/jul/03
Inverno	49	29/jul/03	22/jul/03
Inverno	63	12/ago/03	-

3.6 Determinação da degradabilidade *in situ* das amostras coletadas ao final do período de rebrotação e das amostras de acompanhamento dos ciclos de rebrotação

Para a avaliação da degradabilidade *in situ* das amostras foi utilizada uma vaca Holandesa fistulada no rúmen, com peso aproximado de 500 kg. O animal permaneceu em uma gaiola metabólica, com acesso a água e sal mineral *ad libitum*. A dieta foi

composta por feno de *Cynodon* spp à vontade (Tabela 3), sendo fornecida em duas refeições diárias, às 8 e 16h. Houve um período de 7 dias para adaptação do animal à dieta antes do início do experimento. Foram realizadas análises bromatológicas para matéria seca (MS) conforme (AOAC, 1990), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Van Soest et al. (1991) e cinzas, antes da incubação dos cultivares para futuras correções e cálculo da taxa de desaparecimento.

As médias das composições químico–bromatológicas dos cinco cultivares nas duas estações (verão e inverno) antes da incubação estão apresentadas na Tabela 4.

Os saquinhos utilizados para a degradabilidade *in situ* foram confeccionados em tecido de náilon, tendo porosidade de 50 µm de diâmetro, medindo 20 x 10 cm. Após secagem em estufa a 65 °C por 24 horas seus pesos vazios foram registrados (Figura 2). Posteriormente foram enchidos com 8 g da forragem (Figura 2), moída a 5 mm, conforme descrito por Nocek (1988). Os sacos foram presos por uma argola e amarrados com linha de pesca a um mosquetão e este preso a uma corrente, que foi imersa no conteúdo ruminal. A corrente ficava presa a um pedaço de madeira ou tubo plástico, através de uma corda, ancorando-a (Figura 2), a qual servia para puxar o conjunto para fora do rúmen.

Tabela 3 - Composição bromatológica da dieta experimental

Feno de	PB(%)	FDN(%)	FDA(%)
<i>Cynodon</i>	10,70	57,70	28,50

Tabela 4 - Composição químico-bromatológica dos cultivares incubados nas estações (inverno e verão)

Composição bromatológica	Cultivar ¹				
	Atlas	Mss*	Mbç*	Tbt*	Tnz*
Inverno					
Matéria Seca (%)	94,32	93,53	93,05	95,44	91,04
Cinzas (% MS)	12,9	12,7	13,74	13,97	14,33
Fibra em detergente neutro (% MS)	74,00	74,51	74,12	70,01	76,01
Fibra em detergente ácido (% MS)	35,60	34,00	30,06	35,26	40,06
Verão					
Matéria Seca (%)	93,77	92,99	92,77	94,1	92,39
Cinzas (% MS)	11,5	11,0	13,41	14,00	15,01
Fibra em detergente neutro (% MS)	72,30	75,53	74,13	74,60	74,51
Fibra em detergente ácido (% MS)	33,87	32,17	29,92	36,20	35,00

¹ Cultivar : *Massai (Mss); *Mombaça (Mbç); *Tobiatã (Tbt) e *Tanzânia (Tnz).

Figura 2 – (A) pesagem dos saquinhos de náilon e da forragem moída a 5 mm; (B) saquinhos de náilon contendo forragem moída a 5 mm; (C) corrente com os saquinhos

Foram adotados seis tempos de incubação: 96, 48, 24, 12, 6, 3 e 0 horas. Iniciou-se a incubação nesta mesma ordem de modo que todos os sacos fossem retirados de uma só vez, com exceção do tempo “zero hora” que não foi incubado.

Imediatamente após serem retirados do rúmen (Figura 3), os sacos foram imersos em água fria para o cessamento da fermentação e posteriormente lavados (Figura 3), até que essa água se mostrasse límpida. Após a lavagem, os sacos foram colocados em bandejas e levados à secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C

por 48 horas, sendo então, transferidos para dessecador durante 30 minutos e pesados. Descontando-se o peso dos sacos vazios e limpos, foi calculado o desaparecimento da matéria seca no rúmen. Após este procedimento, o material restante nos sacos (resíduos da incubação ruminal), de um mesmo cultivar e período de incubação, foram então compostos formando uma única amostra, moídas em peneira com crivo de 1 mm e subseqüentemente submetidos à análises bromatológicas convencionais. O tempo zero também passou pelo mesmo procedimento de moagem dos resíduos de incubação ruminal. Procederam-se às análises de matéria seca (MS) conforme (AOAC, 1990), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Van Soest et al. (1991), com base no método seqüencial com a utilização do aparelho ANKON Fiber Analyser (ANKON® Technology Corp.), conforme descrito por Holden (1999). Após a realização das análises dos teores dos componentes químico-bromatológicos, os dados obtidos das amostras incubadas *in situ* foram processados utilizando-se o programa *Fit Curve* desenvolvido pela Rowett Research Institute, Aberdeen, Escócia (<http://www.mluri.sari.ac.uk/IFRU/fcurve.html>). O programa oferece os parâmetros do modelo de degradabilidade ruminal segundo Orskov e McDonald (1979), entre outras informações. As degradabilidades potenciais (DP) *in situ* de MS, FDN e FDA foram calculadas de acordo com a equação 7:

$$DP = a + b (1 - e^{-ct}) \quad (7)$$

onde:

DP = degradabilidade potencial estimada (%);

a = interseção da curva no tempo 0, podendo ser interpretada como fração rapidamente solúvel (% do original), também denominada *washing loss*;

b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (% do original);

c = constante da taxa de degradação da fração “b” por hora (%/h);

e = base dos logaritmos naturais, que representa o tempo de colonização dos microrganismos das partículas dos alimentos, para o início da degradação microbiana (*lag time*);

t = tempo de incubação (h);

A degradabilidade potencial é dada pela soma das frações “a” e “b”, como sendo a quantidade de material que pode ser perdido por degradação e em solução se o tempo de incubação for infinito, ou seja, desconsiderando-se a taxa de passagem que ocorre no rúmen. A degradabilidade efetiva (DE) foi calculada pela equação de Orskov e McDonald (1979). E é dado pela equação 8:

$$DE = a + [(b \times c) / (c + kp)] \quad (8)$$

onde:

DE = degradabilidade efetiva (%);

a = interseção da curva no tempo 0, podendo ser interpretada como fração rapidamente solúvel (% do original), também denominada *washing loss*;

b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (% do original);

c = taxa de degradação da fração “b” por hora (%/h);

kp = representa a taxa de passagem da digesta do rúmen (%/h).

Figura 3 – (A) retirada dos saquinhos do rúmen; (B) lavagem dos saquinhos.

4 Análise Estatística

Dados de valor nutritivo, tais como os teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), bem como parâmetros de degradabilidade *in situ* foram submetidos à análise de variância utilizando-se o pacote estatístico SAS. O procedimento PROG MIXED do SAS (1989) foi utilizado, sendo tratamentos (cultivares) os efeitos fixos e blocos o efeito aleatório (LITTELL et al., 1996). Os dados de valor nutritivo, como foram medidos ao longo do tempo, foram comparados utilizando-se um modelo de medidas repetidas no tempo, modelando-se a variação na mesma unidade experimental (ao longo do tempo) a partir de análises de regressão.

Para as comparações dos parâmetros a, b, c, *lag time*, degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) nas taxas de passagem: 2, 5 e 8%/h da degradabilidade *in situ* em função de horas de incubação do último dia de corte dos capins, sendo 35 dias no verão e 49 dias no inverno para Atlas, Massai e Mombaça e 49 dias no verão e 63 dias no inverno para Tobiatã e Tanzânia para os valores nutricionais analisados (MS, FDN e FDA), foi utilizado o procedimento PROG GLM do pacote estatístico SAS (1989) e estabelecido nível de significância de 5% e a comparação de média feita pelo teste de Tukey.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis da degradabilidade *in situ* nas estações do ano, verão e inverno, de capins do gênero *Panicum*

5.1.1 Degradabilidade da matéria seca (MS)

As variáveis relacionadas à degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) estão apresentados na Tabela 5. Não houve efeito ($P>0,05$) de cultivares, com média de 17,15% para a fração “a” da MS. Este valor é consistente com a média de 16,75% obtida por Manzano (2002) e Balsalobre (2002) e com os 15,64% relatados por Simili et al. (2002), que utilizaram capim Tanzânia. É provável que os valores entre os cultivares tenham sido semelhantes devido à baixa quantidade de açúcares solúveis de rápida fermentação presentes nas forragens incubadas (SNIFFEN et al., 1992). Diferenças significativas foram encontradas entre cultivares para a fração “b” da MS ($P<0,05$) (Tabela 5), apresentando-se dentro da amplitude de 53 a 66% encontrados na literatura para capins do gênero *Panicum* em ambiente de pastejo (PINTO et al.; 1998; BALSALOBRE, 2002; MANZANO, 2002; MELLO et al.; 2002; SIMILI et al., 2002; LOURES, 2004).

Os dados gerados pelo sistema Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNPCS) classificam a fração potencialmente degradável “b” em B1 (amido e pectina) e B2 (parede celular, com taxa de degradação lenta e variável) (SNIFFEN et al., 1992). Neste sentido é provável que a maior fração “b” proporcionada pelo capim Massai (71,96%) deva-se à maior taxa de degradação da fração “c”, mesmo que diferenças significativas ($P>0,05$) não tenham sido observadas para essa variável (fração “c”) (Tabela 5), uma variação numérica pode ser considerada.

A taxa de degradação, fração “c” média da MS foi de $3,4\%h^{-1}$ (Tabela 5), não diferindo entre os cultivares ($P>0,05$), porém dentro dos valores observados em outros trabalhos, que variaram entre 2,76 e $6,42\%h^{-1}$ (PINTO et al., 1998; MANZANO, 2002; SIMILI et al., 2002; BALSALOBRE, 2002; MELLO et al., 2002). De acordo com Sampaio (1988), valores da fração “c” menores que 1% indicam inadequação do modelo aos

pontos observados ou respostas atípicas (erro experimental) resultado em estimativas de degradabilidade efetiva que devem ser vistas com a devida restrição. No presente trabalho não foram observadas taxas de degradação (fração “c”) menores que 1%, estando os valores encontrados dentro das taxas consideradas desejáveis ($c > 2,50\%$).

Para o *lag time*, foram observadas diferenças ($P < 0,05$) entre estações e interação estação x cultivar ($P < 0,05$) (Tabela 5). Segundo Lempp et al. (2000), que avaliaram os cultivares Tanzânia, Mombaça e Massai quanto à estrutura anatômica e observação do resíduo da incubação *in vitro*, o cultivar Massai apresenta menor fragilidade digestiva, sendo a maior frequência da estrutura *girder* neste cultivar uma das prováveis causas da restrição à maior digestão. Esta restrição à digestão pode ser atribuída à menor acessibilidade dos microrganismos ao conteúdo celular (LEMPP et al., 1997), aumentando os valores de *lag time*.

Não foram observadas diferenças significativas para a degradabilidade potencial (DP) da MS entre os cultivares ($P > 0,05$), tendo como média de 80,56%. No entanto, esses valores se encontram dentro da amplitude encontrada na literatura, de 66 a 82% (SIMILI et al., 2002; LOURES, 2004; MANZANO, 2002; BALSALOBRE, 2002). Foi observada diferença para a DP da MS entre estações ($P < 0,05$). O cultivar Massai apresentou o maior valor numérico (84,60%) quando comparado aos demais capins avaliados.

Houve efeito ($P < 0,05$) de cultivar para a degradabilidade efetiva (DE) da MS para a taxa de passagem (kp) de 5%/h. O capim Atlas (44,92%) se mostrou superior aos demais capins avaliados, seguido pelo capim Mombaça (42,72%) e Tobiata (41,80%). Quando Souza Neto (2004) avaliou a digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (DVIVMS) de capins do gênero *Panicum*, observou que a digestibilidade do capim Atlas foi de 72,5%, semelhante à obtida para o capim Mombaça (71,9%) e superior aos demais cultivares avaliados: Massai, Tanzânia e Tobiata que apresentaram DVIVMS de 66,5%; 66,6% e 70%, respectivamente. É possível que a DE 5%/h da MS para o capim Atlas tenha sido maior em função da frequência de corte adotada, pois quando comparado aos cultivares Massai, Mombaça, Tanzânia e Tobiata, com acúmulo total de forragem de 29 Mg MS ha⁻¹; 19,7 Mg MS ha⁻¹; 20,5 Mg MS ha⁻¹ e 21 Mg MS ha⁻¹ respectivamente foi

o menos produtivo 12 Mg MS ha⁻¹, um indicativo que a forragem não foi colhida em seu apogeu produtivo e conseqüentemente colhida com menor maturidade.

Tabela 5 - Variáveis da degradação da matéria seca (MS) dos cultivares de *Panicum* spp. *in situ* no final do período de rebrotação do verão e inverno

Variável ¹	Cultivar ²					EPM ³	Média (%)	Efeito ⁴		
	Atlas	Mss*	Mbç*	Tbt*	Tnz*			E	C	E*C
a %	17,27	16,03	19,35	16,22	16,92	4,05	17,15	ns	ns	ns
b %	66,02	71,61	61,03	63,30	59,61	4,17	64,31	ns	<0,05	ns
c %/h	4,70	2,80	3,30	3,30	3,00	1,00	3,40	ns	ns	ns
Lag time (h)	1,56	1,86	1,62	1,00	0,54	0,84	1,31	<0,05	ns	<0,05
DP (%)	82,86	84,60	77,78	76,11	81,48	1,84	80,56	<0,05	ns	ns
DE (kp=2%/h)	56,70	55,37	55,85	53,97	53,54	2,92	55,08	<0,05	<0,05	<0,05
DE (kp=5%/h)	44,92	41,62	42,72	41,80	40,42	1,27	42,30	<0,05	<0,05	<0,05
DE (kp=8%/h)	38,47	34,91	35,61	34,67	28,90	3,81	34,51	<0,05	ns	ns

¹ Variável: a% = fração solúvel; b% = fração potencialmente degradável; c%/h = taxa de degradação da fração "b"; DP(%)= degradabilidade potencial; DE% = degradabilidade efetiva; Kp = taxa de passagem estimada para 2; 5 e 8%/h;

² Cultivar: *Massai (Mss); *Mombaça (Mbç); *Tobiatã (Tbt) e *Tanzânia (Tnz);

³ EPM= erro padrão da média;

⁴ Efeito: E = Estação; C = Cultivar; E*C = Estação x Cultivar;

ns= não significativa (P>0,05).

5.1.2 Degradabilidade da fibra em detergente neutro (FDN)

As variáveis sobre a degradabilidade da FDN estão apresentadas na Tabela 6, na qual pode ser observado que não houve efeito de cultivar sobre a fração "a" da FDN com valor médio de 0,86%, valor superior aos dados negativos obtidos por Pinto et al. (1998) e Loures (2004) e também inferior aos 2,11% relatados por Mello et al. (2002). Esse valor é mais baixo que o de 6,3% encontrado por Manzano (2002) e dos 5,49% de Balsalobre (2002) que utilizaram capim Tanzânia em pastejo.

A fração “a” é definida como solúvel, portanto quando se avaliam as frações fibrosas (FDN e FDA), estas deveriam apresentar valor “a” como sendo zero. No entanto, o valor da fração “a” da FDN observada no presente estudo refere-se à estimativa do modelo e não ao que foi efetivamente determinado pela lavagem, que neste caso seria próximo de zero. Os valores observados para a fração “a” da FDN maiores que zero, incidiram provavelmente pela perda de partículas diminutas decorrentes da lavagem dos sacos do tempo “zero hora”.

A fração potencialmente degradável (b) e a taxa de degradação (c) da FDN, não diferiram entre os cultivares ($P>0,05$) e apresentaram média de 81,08% e 3,20%h⁻¹, respectivamente. No entanto, a média observada para a fração “b” se mostrou superior aos encontrados na literatura, cuja amplitude foi de 72 a 80% (PINTO et al., 1998; BALSALOBRE, 2002 e MANZANO, 2002).

Loures (2004) e Balsalobre (2002) encontraram valores para a taxa de degradação da FDN de 4,53 e 5,54%/h, respectivamente. Porém, quando se compara a fração “c” observada no presente ensaio esses valores estão abaixo dos encontrados por esses autores. É presumível que as maiores frações de “b” da FDN sejam decorrentes das maiores taxas de degradação (c) da FDN apresentadas pelos cultivares, revelando portanto taxas de digestão maiores.

Houve efeito ($P>0,05$) de estação para a degradabilidade potencial (DP) da FDN. Os valores quando comparados com os encontrados por Manzano (2002), Balsalobre (2002), Simili et al. (2002) e Loures (2004) foram superiores, os quais estimaram valores entre 65 e 80% para capins do gênero *Panicum*.

Houve efeito significativo para a degradabilidade efetiva (DE) para a taxa de passagem (kp) de 5%/h da FDN entre os cultivares estudados, dentro da estação e no contraste entre estação x cultivar ($P>0,05$). O capim Atlas (36,18%) foi superior aos demais cultivares avaliados, seguido pelo capim Massai (32,57%) e Mombaça (31,99%). No entanto estes valores encontram-se abaixo dos observados na literatura (BALSALOBRE, 2002; PINTO et al., 1998; SIMILI et al., 2002; LOURES, 2004). O capim Atlas tem características de crescimento diferentes dos demais capins estudados, com maior número de florescimentos e perfilhamento lateral, o que pode ter influenciado na

variação da composição morfológica e conseqüentemente em sua degradabilidade (SOUZA NETO, 2004).

Os cultivares Atlas e Massai foram superiores ($P > 0,05$) quanto à degradabilidade efetiva (DE) da FDN para as duas taxas de passagem avaliadas (2 e 5%/h). Os valores encontrados foram: 51,48% e 36,18% para o cultivar Atlas e 51,78% e 32,57% para o cultivar Massai nas duas taxas de passagem (2 e 5%/h) consecutivamente. Com o aumento na velocidade das taxas de passagem, os valores de degradabilidade tendem a diminuir em função de um menor tempo de exposição do alimento avaliado com o conteúdo ruminal. O maior valor de DE da FDN do capim Atlas para o kp de 5%/h pode estar relacionado com a sua maior fração solúvel (4,32%). No caso do capim Massai a explicação pode ser, ao menos parcialmente ao maior valor da fração “b” (87,15%) estimado.

Para o *lag time*, houve diferença entre as estações avaliadas e a interação estação x cultivar ($P < 0,05$). O cultivar Tanzânia apresentou *lag time* de 1,77 horas sendo esse inferior ao observado para o cultivar Tobiatã, cujo valor encontrado foi de 2,36 horas. O *lag time* é a velocidade com que os microrganismos aderem-se ao interior das células vegetais e diferenças significativas para essa variável entre os cultivares não foram observadas. Entretanto, o capim Tanzânia apresentou menor valor numérico para o *lag time* (1,77h) e DE da FDN (5%/h) quando comparado com o cultivar Tobiatã. Todavia quando são observados menores valores de *lag time*, maiores degradabilidades efetivas deveriam ser encontradas. No entanto como ocorreu para o cultivar Tanzânia o menor valor para o *lag time* não aumentou os valores de DE (5%/h) que foi de 28,01%.

Pelo fato do programa *Fit Curve* ter gerado alguns dados da fração “a” negativos para FDN e FDA (valores menores que zero não existem do ponto de vista biológico), adotou-se a postura de substituir estes valores por zero, uma vez que não há fração solúvel na fibra. Mesmo quando o dado da fração “a” foi baixo e positivo o modelo gerou fração “a” negativa devido a ajustes nas curvas de degradação. O mesmo foi reportado por outros autores, como Pinto et al. (1998) que trabalhando com capim *Panicum maximum* obtiveram valor de -3,69% para a fração “a” da FDN. Nonaka et al. (2001) também observaram fração “a” para a FDN de -11,60% com alfafa.

Tabela 6 -Variáveis da degradação da fibra em detergente neutro (FDN) dos cultivares de *Panicum* spp. *in situ* no final do período de rebrotação do verão e inverno

Variável ¹	Cultivar ²					EPM ³	Média (%)	Efeito ⁴		
	Atlas	Mss*	Mbç*	Tbt*	Tnz*			E	C	E*C
a (%)	4,32	0	0	0	0	6,26	0,86	ns	ns	ns
b (%)	79,20	87,15	76,70	76,95	85,41	5,72	81,08	ns	ns	ns
c (%/h⁻¹)	3,20	3,10	3,70	3,50	2,60	8,60	3,20	ns	ns	ns
Lag time (h)	2,22	2,33	2,11	2,36	1,77	1,18	2,16	<0,05	ns	<0,05
DP (%)	82,39	84,24	73,82	74,32	82,27	1,26	80,40	<0,05	ns	ns
DE (kp=2%/h)	51,48	51,78	47,63	47,31	47,38	2,26	49,11	<0,05	<0,05	<0,05
DE (kp=5%/h)	36,18	32,57	31,99	31,10	28,01	2,06	31,97	<0,05	<0,05	<0,05
DE (kp=8%/h)	28,35	24,07	23,67	23,33	21,11	1,46	24,10	<0,05	ns	ns

¹ Variável: a% = fração solúvel; b% = fração potencialmente degradável; c%/h = taxa de degradação da fração “b”; DP(%)= degradabilidade potencial; DE% = degradabilidade efetiva; Kp = taxa de passagem estimada para 2; 5 e 8%/h;

² Cultivar: *Massai (Mss); *Mombaça (Mbç); *Tobiatã (Tbt) e *Tanzânia (Tnz);

³ EPM= erro padrão da média;

⁴ Efeito: E = Estação; C = Cultivar; E*C = Estação x Cultivar;

ns= não significativa (P>0,05).

Para os valores negativos encontrados supõe-se que houve um possível erro matemático gerado pelo programa visto que o mesmo estima valores matemáticos e não biológicos. Devido aos resíduos não uniformes resultantes da lavagem dos sacos de náilon, referentes ao tempo zero de incubação utilizados na avaliação da fração solúvel. Adicionalmente, a concentração reduzida de componentes solúveis nesses capins revela a possibilidade de distorções das equações de estimativa, as quais se tornam pouco precisas quando utilizadas para substratos fibrosos. Os valores negativos para a fração “a” da FDN se devem ao fato de que a fração fibrosa, provavelmente em quase sua totalidade, apresenta mínima contribuição de componentes solúveis.

5.1.3 Degradabilidade da fibra em detergente ácido

As variáveis da degradabilidade *in situ* da FDA estão apresentadas na Tabela 7. Não houve diferença entre os cultivares para a fração “a” (P>0,05), bem como para a

taxa de degradação ($P>0,05$) da FDA. Para a fração “a” da FDA também adotou-se a substituição dos valores negativos por zero. Houve efeito ($P<0,05$) de estação e da interação da estação x cultivares para a variável *lag time*.

A média da fração “b” da FDA observada foi de 82%, sendo esse valor superior à média relatada na literatura de 73,18% (MANZANO, 2002; BALSALOBRE, 2002; LOURES, 2004), porém não houve diferença ($P>0,05$) entre os cultivares. Sendo que os cultivares Massai (92,85%) e Atlas (84,86%) apresentaram os maiores valores numéricos. A média da taxa de degradação da FDA foi de $2,80\%h^{-1}$, inferior aos 4,55% de Loures (2004) e aos 5,38% de Balsalobre (2002) que avaliaram essa variável em capins do gênero *Panicum*.

Como já era esperado o observado para as variáveis de degradabilidade *in situ* dos carboidratos presentes na FDN foi observado para a FDA, visto que a diferença entre essas duas frações é a hemicelulose.

Houve diferença ($P<0,05$) entre cultivares, dentro da estação e também um efeito da interação estação x cultivar para a degradabilidade efetiva (5%/h) da FDA. O cultivar Atlas apresentou o maior valor numérico (29,95%) seguido pelo cultivar Mombaça (29,15%) e Tobiatã (27,88%). Conforme Cruz e Pereira Filho (2001), a fração FDA indica a quantidade de fibra que não é digestível, sendo que quanto menor o teor de FDA, maior o valor energético da forragem. Os menores valores de FDA encontrados no presente estudo, quando comparados aos dados da literatura, 42,74% (LOURES, 2004) e 43,92% (MANZANO, 2002) podem estar relacionados ao manejo de irrigação adotado, pois Vanzela et al. (2006) avaliando o cultivar Mombaça, com e sem irrigação, observaram valores menores de degradabilidade efetiva (5%/h) para a fração FDA para o capim irrigado (34,8%) quando comparado ao não irrigado (43,2%).

Quanto à degradabilidade potencial da fração FDA diferenças foram encontradas entre cultivares dentro da estação (verão e inverno). Os valores observados foram inferiores aos 80,26% de Manzano (2002), superiores aos 66,71% de Loures (2004) e próximo aos 79,87% relatados por Balsalobre (2002). Não houve diferença entre os cultivares avaliados ($P>0,05$), o capim Massai apresentou o maior valor numérico (85,68%) seguido do cultivar Tanzânia (83,03%) e Atlas (77,26%).

Tabela 7 - Variáveis de degradação da fibra em detergente ácido (FDA) dos cultivares de *Panicum* spp. *in situ* no final do período de rebrotação do verão e inverno

Variável ¹	Cultivar ²					EPM ³	Média (%)	Efeito ⁴		
	Atlas	Mss*	Mbç*	Tbt*	Tnz*			E	C	E*C
a %	0	0	0	0	0	4,37	0	ns	ns	ns
b %	84,86	92,85	79,86	77,46	74,96	7,60	82,00	ns	ns	ns
c %/h	3,50	2,60	3,10	3,30	1,60	9,80	2,80	ns	ns	ns
Lag time (h)	2,66	4,54	3,76	3,74	4,03	0,92	3,74	<0,05	ns	<0,05
DP (%)	77,26	85,68	74,17	74,04	72,03	3,32	76,63	<0,05	ns	ns
DE (kp=2%/h)	47,92	45,93	46,18	44,72	41,48	1,63	45,24	<0,05	<0,05	<0,05
DE (kp=5%/h)	29,95	26,56	29,15	27,88	23,66	1,05	27,44	<0,05	<0,05	<0,05
DE (kp=8%/h)	22,90	19,43	22,14	21,58	17,50	1,24	20,71	<0,05	ns	ns

¹ Variável: a% = fração solúvel; b% = fração potencialmente degradável; c%/h = taxa de degradação da fração "b"; DP(%) = degradabilidade potencial; DE% = degradabilidade efetiva; Kp = taxa de passagem estimada para 2; 5 e 8%/h;

² Cultivar: *Massai (Mss); *Mombaça (Mbç); *Tobiatã (Tbt) e *Tanzânia (Tnz);

³ EPM= erro padrão da média;

⁴ Efeito: E = Estação; C = Cultivar; E*C = Estação x Cultivar;

ns= não significativa (P>0,05).

6 Modelos climáticos

6.1 Modelos climáticos de degradabilidade efetiva da matéria seca

Os dados obtidos para a degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS) nas estações inverno e verão foram utilizados para parametrizar os modelos climáticos através de equações de regressão, com as variáveis graus-dia e unidades fototérmicas. Em todos os modelos, independente da estação ou da variável climática, os cultivares Atlas, Massai e Mombaça apresentaram valores de intercepto maiores, demonstrando uma maior DE da MS no início da rebrotação, em relação aos cultivares Tobiatã e Tanzânia. Isso provavelmente está relacionado ao menor intervalo entre cortes aplicado a esses cultivares, o que propicia às plantas uma menor maturidade fisiológica, desfavorecendo a produção de tecidos como colmos, além de espessamento e conseqüente enrijecimento celular (Tabela 8).

Tabela 8 - Modelos de previsão da degradabilidade efetiva da MS (%) em função das variáveis climáticas: unidades fototérmicas (UF) e graus dias (GD) para cultivares de *Panicum spp*

Cultivar	Variável Climática	Estação	Equação	R ²	Pr>F
Atlas	GD	Inverno	$Y=45,2280-0,00933x$	0,39	0,0001
Massai	GD	Inverno	$Y=43,6331-0,00933x$	0,39	0,0001
Mombaça	GD	Inverno	$Y=45,1498-0,00933x$	0,39	0,0001
Tobiatã	GD	Inverno	$Y=42,7483-0,00933x$	0,39	0,0001
Tanzânia	GD	Inverno	$Y=40,7379-0,00933x$	0,39	0,0001
Atlas	GD	Verão	$Y=47,8773-0,00709x$	0,61	0,0001
Massai	GD	Verão	$Y=44,5362-0,00709x$	0,61	0,0001
Mombaça	GD	Verão	$Y=43,8003-0,00709x$	0,61	0,0001
Tobiatã	GD	Verão	$Y=42,8007-0,00709x$	0,61	0,0001
Tanzânia	GD	Verão	$Y=40,7280-0,00709x$	0,61	0,0001
Atlas	UF	Inverno	$Y=44,7392-0,00026x$	0,38	0,0001
Massai	UF	Inverno	$Y=43,1317-0,00026x$	0,38	0,0001
Mombaça	UF	Inverno	$Y=44,6681-0,00026x$	0,38	0,0001
Tobiatã	UF	Inverno	$Y=42,4545-0,00026x$	0,38	0,0001
Tanzânia	UF	Inverno	$Y=40,1918-0,00026x$	0,38	0,0001
Atlas	UF	Verão	$Y=47,4212-0,00020x$	0,61	0,0001
Massai	UF	Verão	$Y=44,1083-0,00020x$	0,61	0,0001
Mombaça	UF	Verão	$Y=43,3727-0,00020x$	0,61	0,0001
Tobiatã	UF	Verão	$Y=42,4556-0,00020x$	0,61	0,0001
Tanzânia	UF	Verão	$Y=40,3253-0,00020x$	0,61	0,0001

Apesar dos modelos serem gerados para cada cultivar, de acordo com a variável climática desejada, é importante ressaltar que a forma com que a DE da MS reduz em função de GD ou UF é uniforme dentro de cada estação do ano. Demonstrando que apesar de cada cultivar apresentar um valor de intercepto distinto, o que é função das características morfofisiológicas e do manejo, existe um padrão uniforme de redução na DE em função da MS. Assim, todas as equações apresentaram o mesmo valor de coeficiente angular dentro de uma mesma estação (Tabela 8).

No verão, independente da variável climática, os valores de coeficiente angular são menores (Figuras 4 e 6), demonstrando que nessa época a cada incremento de GD

ou UF tem-se uma menor redução na DE da MS do que no inverno (Figuras 5 e 7). Para atingir cada incremento de UF ou GD durante o inverno, a planta leva muito mais tempo (dias), gerando um maior custo energético de manutenção dessa planta, que quando colocado em função de UF e GD, apresentaram uma maior queda nos valores de DE da MS. Apesar disso, os acúmulos de UF e GD são sempre menores no inverno, permitindo que maiores períodos de rebrotação, propiciem maiores DE da MS.

Figura 4 – Degradabilidade efetiva da MS em cultivares de *Panicum* spp. durante o verão, em função de graus-dia (GD)

Figura 5 – Degradabilidade efetiva da MS em cultivares de *Panicum* spp. durante o inverno, em função de graus-dia (GD)

Figura 6 – Degradabilidade efetiva da MS em cultivares de *Panicum* spp. durante o verão, em função de unidades fototérmicas (UF)

Figura 7 – Degradabilidade efetiva da MS em cultivares de *Panicum* spp. durante o inverno, em função de unidades fototérmicas (UF)

O poder preditivo dos modelos pode ser apreciado comparando-se a DE da MS (%) estimada pelos modelos de GD e UF com a DE medida nas rebrotações (Tabelas 9 e 10). Na maioria das rebrotações os valores observados e os preditos foram próximos. No entanto, a ocorrência de super e subestimativas, sugerem a necessidade de se acompanhar um maior número de rebrotações para que a variabilidade nos valores das respostas dos capins às variáveis climáticas seja contemplada (Tabelas 9 e 10).

Apesar dos valores preditos e observados serem próximos, esses advêm de modelos com coeficientes de determinação baixos (Tabela 8), indicando uma grande dispersão dos dados que os originaram.

Tabela 9 - Valores de degradabilidade efetiva de MS observada
versus a estimada pelos modelos de GD

Cultivar	Verão		Inverno	
	Observada	Prevista	Observada	Prevista
	----- % -----			
Atlas	45,90	46,30	43,55	43,57
Massai	43,03	42,84	41,80	41,78
Mombaça	42,50	42,49	43,63	43,88
Tanzânia	40,45	40,54	40,58	40,42
Tobiatã	39,00	38,84	38,17	39,01

Tabela 10 - Valores de degradabilidade efetiva de MS observada
versus a estimada pelos modelos de UF

Cultivar	Verão		Inverno	
	Observada	Prevista	Observada	Prevista
	----- % -----			
Atlas	45,90	46,03	43,55	43,65
Massai	43,03	42,87	41,80	41,77
Mombaça	42,50	42,63	43,63	44,03
Tanzânia	40,45	40,42	40,58	40,24
Tobiatã	39,00	38,90	38,17	38,98

6.2 Modelos climáticos de degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro

A degradabilidade efetiva (DE) da fibra em detergente neutro (FDN) não foi bem modelada por GD, para nenhum dos cultivares ($P>0,05$), em nenhuma estação do ano ($P>0,05$). O mesmo ocorreu para UF, no período de inverno ($P>0,05$). Em contrapartida, durante o verão ($P<0,05$), a DE da fibra em detergente neutro apresentou efeito de cultivar, para a variável climática UF (Tabela 11).

A DE da FDN, modelada para UF durante o período de verão, mostrou o mesmo padrão de resposta que ocorreu para a DE da MS. Essa época do ano é caracterizada

pelos maiores fotoperíodos e temperaturas. Nessas condições ocorrem reduções nas concentrações de lipídios, proteínas e carboidratos solúveis, e aumento nos teores de carboidratos estruturais (celulose, hemicelulose e lignina) de maneira generalizada nas espécies forrageiras, tendo como consequência, a redução sensível na digestibilidade, principalmente da FDN. Diante disso, o modelo climático com base em UF foi o único que conseguiu contemplar essas variações da maneira mais completa, permitindo descrever um padrão linear de redução na DE da FDN (Tabela 11), de maneira uniforme para todos os cultivares (coeficientes angulares semelhantes) à medida que UF são acumuladas (Figura 8).

Dentre os cultivares avaliados, o capim Atlas apresentou o maior valor de intercepto (Tabela 11), mostrando o potencial de produção de forragem de melhor valor nutritivo, assim como no item anterior relacionado à DE da MS. Souza Neto (2004) conduzindo um estudo com cinco cultivares de *Panicum* (Atlas, Massai, Mombaça, Tobiata e Tanzânia) relatou que o cultivar Atlas, no verão, apresentou o menor tamanho médio de partícula (TMP) para a planta toda (0,16 mm), seguido do cultivar Massai (0,19 mm). O maior TMP pode estar relacionado com a maior resistência à degradação desta fração no rúmen. Portanto, um menor TMP encontrado para o capim Atlas pode ser um indicativo de uma forragem de valor nutritivo superior. Neste mesmo trabalho, a digestibilidade dos teores de proteína bruta (15,9%), fibra em detergente neutro (66,4%), digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (73,86%) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (67,23%) foram maiores para o capim Atlas, indicando que este capim foi o que apresentou o melhor valor nutritivo dentre os capins avaliados. Os capins Tobiata, Mombaça e Tanzânia apresentaram os menores valores de intercepto (Tabela 11).

Tabela 11 - Modelos de previsão da degradabilidade efetiva da FDN (%) em função das variáveis climáticas: unidades fototérmicas (UF) e graus dias (GD) para cultivares de *Panicum* spp

Cultivar	Variável Climática	Estação	Equação	R ²	Pr>F
Atlas	UF	Verão	$Y=42,3081-0,00022x$	0,54	0,0001
Massai	UF	Verão	$Y=35,2536-0,00022x$	0,54	0,0001
Mombaça	UF	Verão	$Y=31,8374-0,00022x$	0,54	0,0001
Tobiatã	UF	Verão	$Y=32,1357-0,00022x$	0,54	0,0001
Tanzânia	UF	Verão	$Y=29,9327-0,00022x$	0,54	0,0001

Figura 8 – Degradabilidade efetiva da FDN em cultivares de *Panicum* spp. durante o verão, em função de unidades fototérmicas (UF)

O poder preditivo dos modelos pode ser apreciado comparando-se a DE da FDN observada *versus* a estimada pelo modelo de UF (Tabela 12). No verão os valores previstos pelo modelo foram muito próximos aos valores observados (Tabela 12), enquanto que inverno as equações geradas não foram significativas ($P>0,05$). O inverno é a época onde ocorre o florescimento dos capins, o que sugere a necessidade de se acompanhar um maior número de rebrotações para que a variabilidade nos valores das respostas dos capins às variáveis climáticas sejam contempladas.

Tabela 12 - Valores de degradabilidade efetiva de FDN observada *versus* a estimada pelos modelos de UF

Cultivar	Verão	
	Observada	Prevista
	----- % -----	
Atlas	40,70	41,13
Massai	33,63	33,90
Mombaça	30,63	31,02
Tanzânia	30,13	29,90
Tobiatã	28,23	28,37

6.3 Modelos climáticos de degradabilidade efetiva da fibra em detergente ácido

Os dados de degradabilidade efetiva (DE) da fibra em detergente ácido (FDA) no inverno e verão foram utilizados para parametrizar os modelos climáticos através de equações de regressão com as variáveis climáticas da forragem: graus dias e unidades fototérmicas (Tabela 13). No inverno tanto para o acúmulo de GD e UF as regressões não foram significativas ($P>0,05$) para nenhum dos cultivares. No verão houve um padrão linear de redução da FDA com o acúmulo de GD e UF para todos os cultivares (Figuras 9 e 10).

Apesar dos modelos serem gerados para cada cultivar, de acordo com a variável climática desejada, é importante ressaltar que a forma com que a DE da FDA (%) reduz em função de GD ou UF é uniforme dentro da estação do ano, no caso verão. Isso mostra que, apesar de cada cultivar apresentar um valor de intercepto distinto, o que é função das características morfofisiológicas e do manejo, existe um padrão uniforme de redução na DE em função do teor de FDA. Assim todas as equações geradas para GD e UF apresentaram o mesmo valor de coeficiente angular no verão (Tabela 13), padrão semelhante ao que foi encontrado para DE da MS e da FDN.

Tabela 13 - Modelos de previsão da degradabilidade efetiva da FDA (%) em função das variáveis climáticas: unidades fototérmicas (UF) e graus dias (GD) para cultivares de *Panicum spp*

Cultivar	Variável Climática	Estação	Equação	R ²	Pr>F
Atlas	GD	Verão	$Y=30,2736-0,00851x$	0,22	0,0001
Massai	GD	Verão	$Y=30,3325-0,00851x$	0,22	0,0001
Mombaça	GD	Verão	$Y=28,8688-0,00851x$	0,22	0,0001
Tobiatã	GD	Verão	$Y=28,5355-0,00851x$	0,22	0,0001
Tanzânia	GD	Verão	$Y=24,6948-0,00851x$	0,22	0,0001
Atlas	UF	Verão	$Y=29,7428-0,00023x$	0,21	0,0001
Massai	UF	Verão	$Y=29,8076-0,00023x$	0,21	0,0001
Mombaça	UF	Verão	$Y=28,3537-0,00023x$	0,21	0,0001
Tobiatã	UF	Verão	$Y=28,1395-0,00011x$	0,21	0,0001
Tanzânia	UF	Verão	$Y=24,2434-0,00023x$	0,21	0,0001

Tabela 14 - Valores de degradabilidade efetiva de FDA observada *versus* a estimada pelos modelos de GD

Cultivar	Verão	
	Observada	Prevista
	----- % -----	-----
Atlas	29,47	28,38
Massai	28,15	28,30
Mombaça	27,13	27,29
Tanzânia	26,08	25,82
Tobiatã	22,47	22,43

Tabela 15 - Valores de degradabilidade efetiva de FDA observada *versus* a estimada pelos modelos de UF

Cultivar	Verão	
	Observada	Prevista
	----- % -----	
Atlas	29,47	28,52
Massai	28,15	28,39
Mombaça	27,13	27,50
Tanzânia	26,08	27,02
Tobiatã	22,47	22,61

Figura 9 – Degradabilidade da FDA em cultivares de *Panicum* spp. durante o verão, em função de graus-dia (GD)

Figura 10 – Degradabilidade da FDA em cultivares de *Panicum* spp. durante o verão, em função de unidades fototérmicas (UF)

7 CONCLUSÕES

Entre os capins avaliados, para as variáveis da degradabilidade *in situ*, o cultivar Atlas foi o que apresentou as maiores DE para MS e FDN. O cultivar Massai apresentou os maiores valores numéricos de DP dentro da estação para MS, FDN e FDA. Contudo, as variáveis avaliadas: fração solúvel (a), fração potencialmente degradável (b), taxa de degradação da fração “b” (c%/h); degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE) nas taxas de passagem estimadas para 2; 5 e 8%/h (kp) foram semelhantes para os capins, um indicativo de que os cultivares possuem o mesmo potencial de utilização, já que a eficiência de aproveitamento no rúmen é similar. A escolha do cultivar a ser empregado (Atlas, Massai, Mombaça, Tobiata e Tanzânia) deve considerar dados de produção, além do seu valor nutritivo.

A utilização de modelos para graus-dia e unidades fototérmicas são eficientes como ferramenta de previsão qualitativa de MS ao longo do ano, desde que não haja limitações de água e nutrientes. Entretanto, para as fibras (FDN e FDA), os modelos não se ajustaram bem à essas variáveis, contemplando somente a estação verão, já para a estação inverno foi evidenciado a necessidade de se acompanhar um maior número de rebrotações para que a variabilidade nos valores das respostas dos capins às variáveis climáticas sejam contempladas. Tanto temperatura como fotoperíodo atuam sobre a qualidade de capins do gênero *Panicum*, sendo alguns dos fatores responsáveis pela sua estacionalidade sob irrigação. Mas, esses fatores não atuam isoladamente, sendo difícil quantificar sua contribuição individual. A ação conjunta desses fatores sobre a degradabilidade efetiva da MS nas estações inverno e verão, puderam ser descritas através de graus-dia e unidade fototérmica, a DE da FDN no verão foi descrita somente pela unidade fototérmica e a DE da FDA no verão foram descritas por GD e UF.

Embora, havendo a necessidade de estudos que contemplem uma maior amplitude de resposta da planta, tanto para às variáveis climáticas como para os fatores de manejo. Os cultivares avaliados apresentaram diferentes valores de MS, FDN e FDA, demonstrando que apesar de cada capim apresentar um valor de intercepto distinto para cada característica nutricional avaliada, os padrões de redução dessas características são uniformes dentro da estação estudada, apresentando os mesmos coeficientes

angulares. O que deve ser função das características morfofisiológicas e do manejo entre os capins e entre as estações, provavelmente como resposta à redução nas temperaturas, no fotoperíodo e na radiação incidente. Para que os modelos de graus-dia e unidades fototérmicas se estabeleçam como uma ferramenta de planejamento qualitativo são necessários bancos de dados mais abrangentes que contemplem a máxima variabilidade possível dessas características. A representatividade das condições encontradas em sistemas de produção fará com que o uso de modelos, não se restrinja apenas às condições do local ou época em que foram gerados.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras**: gramíneas e leguminosas. São Paulo: Livraria Nobel, 1985. 150p. (Biblioteca Rural).

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O.G. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, p.1178-1185, 2001a.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; SOUZA, A.L. Desempenho de gramíneas forrageiras e do estilosantes mineirão em sistemas agrossilvipastoris com eucalipto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001b, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Videolar, 2001b. 4p. 1 CD-ROM.

ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A; NOVELLY, P.E. Produção de gramíneas tropicais e temperadas, irrigadas na época seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.15, n.5, p.384-392, 1986.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis. 12th ed., Washington, D.C., **AOAC**, 1990, p. 321.

ARONOVICH, S. O capim colômbio e outros cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.): Introdução e evolução de uso no Brasil. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGENS – O CAPIM COLÔMBIO 12. Anais. 1995, Piracicaba. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 1-20.

BALSALOBRE, M.A.A. **Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado**. 113 p. Tese (Doutorado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BITTMAN, S.; SIMPSON, G.M.; NIR, Z. Leaf senescence and seasonal decline in nutritional quality of three temperate forage grasses as influenced by drought. **Crop Science**, Madison, v.28, p. 546-552, 1988.

BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F. Efeito da irrigação sobre algumas características agrônômicas de cultivares de capim-elefante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 10, p. 1731-1736. 1991.

BRAGA, G.J. **Resposta do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) a doses de nitrogênio e intervalos de corte**. 2001. 121p. Dissertação (Mestrado). Área de Zootecnia. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, S. Paulo, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Serviço Nacional de Pesquisa Agrônômica. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, 1960. 634p. (Boletim, 12).

BUENO, A. A. O. **Características estruturais do dossel forrageiro, valor nutritivo e produção de forragem nos pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente**. 2003. Dissertação (Mestrado).Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

BURNS, J.C.; FISHER D.S.; POND, K.R.; TIMOTHY D.H. Diet characteristics, digesta kinetics, and dry matter intake of steers grazing eastern gamagrass. **Journal of Animal Science**, Raleigh,v. 70, p. 1251-1261, 1992.

BUTTERWORTH, M.H., GROOM, C.G.; WILSON, P.N. The intake of pangola grass (*D. decumbens*, stent) under wet and dry season conditions in Trinidad. **Journal Agriculture Science**, Cambridge,v.56, p.407-409, 1961.

BUXTON, D.R.; CASLER, M.D. Environmental and genetic effects on cell wall composition and digestibility. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. (Ed.) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1993, p. 685-714.

BUXTON, T.R.; FALES, S.L. Plant enviroment and quality. In: FAHEY JR.; G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society. Agronomy, 1994. p. 155-199.

CACHO, O.J. A pratical equation for pasture growth under grazing. **Grass and Forage Science**,Viçosa,v.48, p.387-394, 1993.

CAMPBELL, M.M.; SEDEROFF, R.R. Variation in lignin content and composition. **Plant Physiology**, North Carolina,v. 110, p. 3-13, 1996.

CARVALHO, M.M.; SILVA, J.L.O.; CAMPOS JUNIOR, B.A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angicovermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília,v.26, p.213-218, 1997.

CASLER, M.D. Breeding forage crops for increased nutritional value. **Advances in Agronomy**, Lincoln,v.71, p.51-107, 2001.

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

CHASE, A. Grasses of Brazil and Venezuela. **Agriculture in the America**, Venezuela, v. 4, p. 123-126, 1944.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A M. (Ed.) **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p.109-132.

COOPER, J.P.; TANTON, N.M. Light and temperature requirements for growth of tropical and temperate grasses. Review article. **Herbage Abstracts**, v. 38, p. 167-176, 1968.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Cultivares de milho para silagem. In: CRUZ, J. C. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.11-37.

DIAS FILHO, M.B. Colônia como planta pioneira. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGENS – O CAPIM COLÔNIAO 12., 1995, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 305-314.

DENT, J.B.; ADERSON, J.R. **Systems analysis in agricultural management**. Sidney: John Wiley, 1971. 394p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

EUCLIDES, V.P.B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 245-276.

GHELFI FILHO, H. **Efeito da irrigação sobre o capim colônia (*Panicum maximum* Jacq.)**. 1972. 101 p. Dissertação (Mestrado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

GOMIDE, J. A. Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1, 1976, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: EPAMIG, 1976. p. 20-33.

GONÇALVES, G.D.; SANTOS, G.T. dos; CECATO, U.; JOBIM, C.C; DAMASCENO, J.C.; FARIA, K.P. Estimativas de produção e valor nutritivo de gramíneas do gênero *Cynodon* em diferentes idades ao corte colhidas no outono. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.61-62.

HERLING, V.R.; BRAGA, G.J.; LUZ, P.H.C.; OTANI, L. Tobiatã, Tanzânia e Mombaça. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS 17, Piracicaba, 2000. **A planta forrageira no sistema de produção**. Piracicaba: FEALQ, 2000. p.21-64.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82. n. 8, p. 1791-1794, 1999.

INSTITUTO DE ZOOTECNIA **Capim Aruanã (*Panicum maximum* cv. Aruanã 12- 5).**
Pré-lançamento. Nova Odessa, 1989. 1v. Folheto.

JANK, L.; SAVIDAN, Y.; SOUZA, M.T.; COSTA, J.G.G. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzido da África, 1. Produção forrageira. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa,v.23, p.433-440, 1994.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGENS – O CAPIM COLONIAÇÃO 12, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 21-58.

KLEPPER, B.; RICKMAN, R.W.; PETERSON, C.M. Quantitative characterization of vegetative development in small cereal grains. **Agronomy Journal**, Baron-Hay Court,v. 74, p. 789-792, 1982.

LEMPP, B.; EUCLIDES, V.P.B.; MORAIS, M.G. Avaliações do resíduo da digestão de três cultivares de *Panicum maximum*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37,2000,Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.43.

LEMPP, B.; EZEQUIEL, J.M.B.; SANTOS, J.M. Observação da estrutura *girdler* na taxa de digestão dos tecidos em lâminas de *Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana e Vencedor. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34.,1997. Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.15-17.

LITTELL, R.C.; MILIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D. **SAS® systems for mixed models.** Cary: SAS Institute, 1996. 633p.

LOURES, D.R.S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia.** 2004, Piracicaba. 146 p. Tese (Doutorado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MALDONADO, H.; DAHER, F.R.; PEREIRA, A.V. Efeito da irrigação na produção de matéria seca do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) em Campos dos Goytacazes, RJ. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34. 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997.

MANZANO, R.P. **Consumo, parâmetros digestivos e comportamento de bovinos de corte em pastejo de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv Tanzânia) suplementados com fontes de energia ou de proteína.** 2002. 160 p. Tese (Doutorado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MATOS, L. L. Utilização de fibra pelos ruminantes. In: MINI SIMPÓSIO DO COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2., 1989, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1989. p. 67-92.

MELLO, S.Q.S.; ALVES, J.B.; BERGAMASCHINE, A.F. et al. Degradabilidade in situ da matéria seca e da fibra em detergente neutro de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. em três estádios de maturidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.

MELLO, A.C.L. de; SANTOS, P.M.; PEDREIRA, C.G.S. Photosynthetic light response of Tanzânia grass under four levels of leaf temperature. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19. 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. P. 73-74.

MILFORD, R.; MINSON, D.J. **Tropical pastures.** London: Faber and Faber LTD, 1966. The feeding value of tropical pastures.

MINSON, D.J. The digestibility and voluntary intake of six varieties of *Panicum*. **Australian Journal Experiment Agriculture and Animal Husbandry**, Australy, v. 11, p. 18-25, 1971.

MINSON, J.D.; McLEOD, M.N. The digestibility of temperate and tropical grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 11. 1970, Surfers Paradise, **Proceedings...** Queensland, 1970. p. 719-722.

MORENO, L.S.B. **Produção de forragem de capins do gênero *Panicum* e modelagem de respostas produtivas e morfofisiológicas em função de variáveis climáticas.** 2004. 86 p. Dissertação (Mestrado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MOTT, G.O.; MOORE, J.E. Evaluating forage production. In: HEATH, M.E., BARNES, R.F., METCALFE, D.S. (Ed.) *Forages*. 4. th ed. Ames: Iowa State University, 1985. p. 422-429.

NASCIMENTO JR, D.; DA SILVA, S.C. ; ADESE, B. Perspectivas futuras do uso de gramíneas em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41; SIMPÓSIO FORRAGEIRAS E PRODUÇÃO EM PASTAGENS, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, EMBRAPA CNPGC, 2004, p. 130- 141.

NELSON, C.J. ; MOSER, L.E. Planta factors affecting forage quality. In: FAHEY, C.G. **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1994. Chap.3, p.115-154, 1994.

NOCEK, J.F. Evaluation of specific variables affecting *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. **Journal of Animal Science**, v.60, p.1347-1458, 1988.

NONAKA, K.; KUME, S.; OHSHITA, T. Effect of maceration on in sacco degradability and energy content of low-moisture round bale alfalfa silage. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.379-380.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, P. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, London: Butterworths, v.92, n.2, 499-503, 1979.

PALHANO, A. L.; HADDAD, C. M. Exigências nutricionais e valor nutritivo de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv.Coastcross Nº 1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.10, p. 1429-1438, out. 1992.

PARSONS, J.J. Spread of African pasture grasses of the American tropics. **Journal of Range Management**, London, v.25, n.1, p.12-17, 1972.

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

PEEK, M.S.; RUSSEK-COHEN, E.; WAIT, D.A. Physiological response curve analyses using nonlinear mixed models. **Oecologia**, New Orleans, v.132, p.175-180, 2002.

PINHEIRO, V.D. **Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim Tanzânia em diferentes regiões do Brasil**. 2002. Dissertação (Mestrado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PINTO, A.A.; LAVEZZO, F.J.; CECATO, U. Degradabilidade *in situ* de cultivares do gênero *Panicum maximum*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. 1 CD-ROM.

RASSINI, J.B. Criação de bovinos de corte na região Sudeste. Sistemas de Produção, 2. Versão Eletrônica, endereço eletrônico acessado em jul. 2003.

REID, R.L.; POST, A.J.; OLSEN, F.J. Studies on the nutritional quality of grasses and legumes in Uganda. I- Application of in vitro digestibility techniques to species and stages of growth effects. **Tropical Agriculture**, Canadá, v.50, p.1-16, 1973.

ROLIM, F.A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM; **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1980, p. 39-81.

ROSSETO, F.A. **Desempenho agrônômico de pastagens de capim elefante cv. Guaçu (*Pennisetum purpureum* Scum.) e capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) em sistemas de produção de leite.** 2000. 174p. Dissertação (Mestrado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SAMPAIO, I.B.M. **Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in the rumen and growth of ruminants.** 1988. 114p. Thesis (PhD) – University of Reading, Reading, UK, 1988.

SANTOS, P.M.; CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A. Efeito da frequência de pastejo e época do ano sobre a produção e qualidade de *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.244-249, 1999.

SAS Institute, Inc. *SAS/STAT User's Guide*, Version 6, 4 th ed., Cary, NC: SAS Institute Inc., 1989, v.2, 846p.

SAVIDAN, Y.H.; JANK, L.; COSTA, J.C.G. **Registro de 35 acessos selecionados de *Panicum maximum*.** Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, 1990. 68p. (EMBRAPA-CNPGC, Documentos 44).

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 70, p.3562-3572. 1992.

SIMILI, F.F.; LIMA, M.L.P.; NOGUEIRA, J.R. Degradabilidade *in situ* do capim Elefante var. Guaçu e capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39. 2002, Recife. **Anais...** Recife, 2001.

SOTO, A.H. **Um modelo simples de estimativa de produção de forragem para colônia (*Panicum maximum* Jacq.) e pangola (*A-24 Digitaria pentzii* Stent) usando parâmetros climáticos.** 981. 58p. Dissertação (Mestrado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

SOUZA NETO, J.M. **Produtividade, morfologia, características físicas e valor nutritivo da forragem de capins *Panicum* spp.** 2004. 86 pg. Tese (Doutorado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SOUZA, F.H.D. *Panicum maximum* in Brazil. In: Lock, D.S.; FERRUGSON, J.E. **Forage seed production: tropical and subtropical species.** New York: CABI, 1999, v. 2, p. 363-370.

TATIZANA, S.A. **Um modelo conceitual de simulação de produção de gado de corte.** 1995. 95 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

TEIXEIRA, E.I.; MATTOS, W.R.S.; CAMARGO, A.C. Avaliação de produção e utilização de uma pastagem de capim Tobiatã (*Panicum maximum* cv. Tobiatã) sob pastejo rotacionado. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.2, p.349-355, 1999.

TONATO, F. **Determinação de parâmetros produtivos e qualitativos de *Cynodon* spp. em função de variáveis climáticas.** 2003. 85p. Dissertação (Mestrado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

TOSI, P. **Estabelecimento de parâmetros agronômicos para o manejo e eficiência de utilização de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1 sob pastejo rotacionado.** 1999. 103p. Dissertação (Mestrado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

UEBELE, M.C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem do capim Mombaça em pastos submetidos a regimes de lotação intermitente.** 2002. 83p. Dissertação (Mestrado). Área de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

USBERTI FILHO, J.A. **O Agrônomo**, Piracicaba, v. 34, 1982. 7p. (Edição especial).

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Ithaca, v.74, n.10, p. 3583, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 nd ed. Corvalis: O e B Books, Cornell University Press, 1994. 476p.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ F.B.T.; GARGANTINI P.E.; R.C. LIMA R.C. Qualidade de forragem de capim Mombaça sob irrigação na região oeste do estado de São Paulo. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 16, 2006. Goiânia: Editora, 2006, p.326.

VILLA NOVA, N.A.; CARRETEIRO, M.V., SCARDUA, R. Um modelo para avaliação de crescimento de cana-de-açúcar (*Sacharum* spp.) em termos da ação combinada do fotoperíodo e da temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1983, Campinas. **Proceedings...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia; Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. p.31-48.

VILLA NOVA, N. A.; BARIONI, L.G.; PEDREIRA, C. G. S. e PEREIRA, A. R. Modelo para previsão da produtividade do capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v.7, n.1, p.75-79, 1999.

WALGENBACH, R.P. Release of soluble protein and nitrogen in alfafa. 1. Influence of growth temperature and soil moisture. **Crop Science**, Madison, v.21, p.843-849, 1981.

WILSON, J.R. Environment and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.). **Nutritional limits to animal productions from pastures**. Farnham: CAB. 1982. p. 111-131.