**PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE CULTIVARES DE *Brachiaria*
brizantha (Hochst. ex A. Rich.) Stapf E MODELAGEM DE
RESPOSTAS PRODUTIVAS EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS
CLIMÁTICAS**

DANIEL DE CASTRO RODRIGUES

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração: Ciência Animal
e Pastagens.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo – Brasil
Agosto - 2004

**PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE CULTIVARES DE *Brachiaria*
brizantha (Hochst. ex A. Rich.) Stapf E MODELAGEM DE
RESPOSTAS PRODUTIVAS EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS
CLIMÁTICAS**

DANIEL DE CASTRO RODRIGUES

Engenheiro Agrônomo

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

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração: Ciência Animal e
Pastagens.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo – Brasil
Agosto - 2004

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

Rodrigues, Daniel de Castro

Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex^a Rich.)
Stapf e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas /
Daniel de Castro Rodrigues. - - Piracicaba, 2004.
94 p.

Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
Bibliografia.

1. Agroclimatologia 2. *Brachiaria* 3. Forragem 4. Modelo matemático 5. Produção
vegetal I. Título

CDD 636.0855

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

DEDICO

Aos meus pais Benedito e Márcia pelo amor, incentivo e carinho

OFEREÇO

A minha irmã Dênia e meu cunhado Antonio, pelo amor e amizade

A vó Esmeralda e vô Jairo exemplos de vida, conhecimento e educação

Ao Dr. Luis Gustavo Barioni, o nosso “Grande Guru” pelos ensinamentos

AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho. Em especial:

Ao Prof. Dr. Carlos Guilherme S. Pedreira pela orientação, confiança e amizade durante os anos de Mestrado.

Ao Dr. Luiz Gustavo Barioni pela orientação na Embrapa Cerrados, pelas valiosas contribuições e sugestões e sobretudo pela amizade construída nesse período.

Aos pesquisadores da Embrapa Cerrados Allan Kardec B. Ramos, Geraldo B. Martha Jr, Ronaldo P. de Andrade, Cláudio T. Karia, Lourival Vilela, Rui F. Veloso pelas discussões, sugestões e pelo meu desenvolvimento profissional.

Ao estudante de Zootecnia de UPIS Aristides de Almeida Miranda pelo apoio na condução dos trabalhos

A todos os funcionários da Embrapa Cerrados, em especial ao técnico agrícola Alfredo Jorge Nogueira (*in memorian*) pessoas chaves para que esse trabalho fosse realizado.

Ao Prof. Nilson A.N. Villa Nova, exemplo de vida, dedicação e conhecimento.

Aos amigos da pós-graduação: Felipe Tonato, Leonardo, João, Lissa, e Henrique Rocha pelos momentos de descontração e troca de experiência.

Aos grandes amigos da República “Deus Quis”, Anderson Lange (Folha), Robson Barizon (Zuza), Marcus Vinícius (Urha) e em especial ao meu primo Adriano (Mim) por todos os momentos de alegria e companheirismo.

Aos meus primos Luiz Cláudio e Jairo, apesar da distância, sempre presentes.

Aos meus grandes amigos, Guilherme Bretas (Boca) e Aline, Marco Aurélio (Fuça), Lando (Papi), Fábio (Tigrão), Marcus Vinícius (Mudo) e Herculano (X)

A Rep. Pittboas (Jú, Micha, Liloca e Lúcia), Daniel Sarmento, Narson Lima, Sergio Fernandes, Soraia, Luciana Gerdes, Ana Paula, Anderson, Carla, Dri, Bel, pela amizade e momentos de descontração.

À Priscilla meu grande amor por sua amizade, compreensão e paciência nos momentos mais difíceis.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo e a UNIPASTO pelo apoio financeiro para realização deste trabalho.

A todos os demais colegas presentes na minha vida durante a realização deste trabalho, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xiii
SUMMARY	xvi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 O gênero <i>Brachiaria</i>	4
2.2 Distribuição de características agronômicas	5
2.3 Desenvolvimento de cultivares e importância para a pecuária	7
2.4 O ambiente e a produção de forragem	9
2.5 Resposta das plantas à temperatura	11
2.6 Respostas das plantas à luz	13
2.7 Uso de modelagem na predição da produção de pastagens	17
3 PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE CULTIVARES DE <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf IRRIGADOS E DINÂMICA DE REBROTAÇÕES DE DOSSÉIS EM CRESCIMENTO LIVRE	22
Resumo	22
Summary.....	23
3.1 Introdução	24
3.2 Material e Métodos	25

3.2.1 Clima	27
3.2.2 Condução do experimento e amostragem	28
3.2.2.1 Produção e composição morfológica da forragem	28
3.2.2.2 Massa de forragem, índice de área foliar (IAF) e altura do dossel aos 28, 42, 56 e 70 dias de crescimento livre	31
3.2.3 Análise estatística	32
3.3 Resultados e Discussão	33
3.3.1 Produção de forragem	33
3.3.2 Composição morfológica	37
3.3.3 Resíduo	44
3.3.4 Crescimento livre	45
3.3.5 Altura e massa de forragem	51
3.4 Conclusões	53
 4 MODELAGEM DE RESPOSTAS PRODUTIVAS DE CULTIVARES DE <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	 55
Resumo	55
Summary	56
4.1 Introdução	58
4.2 Material e Métodos	59
4.2.1 Modelagem de respostas produtivas usando dados de acúmulo de forragem em parcelas colhidas a cada quatro semanas	59
4.2.2 Modelagem de respostas produtivas de parcelas em crescimento livre	61
4.2.3 Determinação da temperatura-base (T _b), graus-dia (GD) e unidades fototérmicas (UF) acumuladas no período	62
4.3 Resultados e Discussão	65
4.3.1 Temperatura-base	65
4.3.2 Modelos de estimativa de taxa de acúmulo e acúmulo de forragem	68
4.3.2.1 Modelos completos	68
4.3.2.2 Modelos reduzidos	74

4.4 Conclusões	76
5 CONCLUSÕES GERAIS.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Croqui da área experimental. Piquetes e unidades experimentais (áreas de exclusão).....	26
Figura 2 Temperaturas médias mensais do ar (máxima, mínima e média) durante o ano experimental (2003) e comparação com dados médios de 10 anos (1992 a 2002).....	27
Figura 3 Precipitação pluviométrica durante o ano experimental e comparação com dados médios de 10 anos (1992 a 2002).....	28
Figura 4 Massa de forragem acumulada e porcentagem de haste na massa de forragem acumulada de <i>B. brizantha</i> cv. Arapoty. (Letras acima das barras refere-se a comparação de médias pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%).....	41
Figura 5 Massa de forragem acumulada e porcentagem de haste na massa de forragem acumulada de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu. (Letras acima das barras refere-se a comparação de médias pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%).....	42
Figura 6 Massa de forragem acumulada e porcentagem de haste na massa de forragem acumulada de <i>B. brizantha</i> cv. Xaraés. (Letras acima das barras refere-se a comparação de médias pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%).....	42
Figura 7 Massa de forragem acumulada e porcentagem de haste na massa de forragem acumulada de <i>B. brizantha</i> cv. Capiporã. (Letras acima das barras refere-se a comparação de médias pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%).....	43
Figura 8 Massa de forragem e IAF do cultivar Arapoty durante o crescimento livre	49
Figura 9 Massa de forragem e IAF do cultivar Marandu durante o crescimento livre	49

Figura 10	Massa de forragem e IAF do cultivar Xaraés durante o crescimento livre	50
Figura 11	Massa de forragem e IAF do cultivar Capiporã durante o crescimento livre	50
Figura 12	Temperatura base inferior, e correlação entre a taxa de acúmulo de forragem e temperatura média do ar dos cultivares de <i>B. brizantha</i>	67
Figura 13	Época de florescimento, fotoperíodo e temperatura média durante o ano experimental.....	71

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Análise química do solo da área experimental.....	27
2 Data da avaliação e intervalo entre cortes durante os 294 dias do período experimental.....	30
3 Evapotranspiração potencial (Eto), precipitação (ppt), balanço e reposição hídrica durante o ano experimental (2003).....	31
4 Acúmulo de forragem (AF) por corte e acúmulo de forragem total (AFT), de cultivares de <i>B. brizantha</i> de março a outubro de 2003.....	35
5 Acúmulo de folhas (AFO), acúmulo de folhas total (AFoT), acúmulo de hastes (AH) e acúmulo de hastes total (AHT) de cultivares de <i>B. brizantha</i> de março a outubro de 2003.....	38
6 Massa de forragem do resíduo após o corte de igualação, primeiro, segundo e terceiro corte.....	44
7 Massa de forragem, massa de folhas, haste e material morto dos cultivares de <i>B. brizantha</i> durante o crescimento livre.....	46
8 Correlação entre altura e massa de forragem do dossel durante a rebrotação dos cultivares de <i>B. brizantha</i>	51
9 Evapotranspiração potencial (Eto), precipitação (ppt), balanço e reposição hídrica durante o ano experimental.....	61
10 Temperatura máxima, mínima, média, insolação e fotoperíodo durante o ano experimental.....	65
11 Modelos de fotoperíodo (Nm), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), Insolação solar (Ins), graus-dia (GD) e unidade fototérmica (UF) para cultivares de <i>B. brizantha</i>	69
12 Modelos de GD e UF para os cultivares de <i>brizantha</i> durante o crescimento livre	73

13 Modelos de fotoperíodo (Nm), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), Insolação solar (Ins), graus-dia (GD) e unidade fototérmica (UF) para a taxa de acúmulo média e massa de forragem média dos cultivares.....	74
14 Modelos reduzidos de GD e UF para cultivares de <i>brizantha</i>	75

PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE CULTIVARES DE *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf E MODELAGEM DE RESPOSTAS PRODUTIVAS EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Autor: DANIEL DE CASTRO RODRIGUES

Orientador: Prof. Dr. CARLOS GUILHERME SILVEIRA PEDREIRA

RESUMO

No Brasil, a área de pastagens ocupa cerca de 180 milhões de hectares. Desses, 70 a 80 % são formados por gramíneas do gênero *Brachiaria*. O desenvolvimento dos sistemas de produção animal gera a necessidade de novas espécies ou cultivares forrageiros que se adaptem em diferentes condições de clima, solo e manejo. A intensificação desses sistemas exige do produtor ferramentas que o auxiliem no processo de tomada de decisão. Dentre essas ferramentas os modelos de simulação podem auxiliar o controle das etapas de produção. O objetivo deste trabalho foi gerar informações sobre produção de forragem e características morfológicas de quatro genótipos de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf (cultivares Marandu, Xaraés, Arapoty e Capiporã) e parametrizar modelos simples de predição da produção de forragem para esses cultivares, buscando assim associar características agrônomicas e variáveis ambientais no processo de tomada de decisão. Para isso, foram realizados dois experimentos com delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos (cultivares) e quatro repetições. No primeiro experimento com parcelas irrigadas, foram avaliados o acúmulo de forragem e a composição morfológica da forragem colhida a cada quatro

semanas a 20 cm do nível do solo. No segundo experimento com parcelas em crescimento livre o acúmulo e a composição morfológica da forragem acumulada foram medidos aos 28, 42, 56, 70 e 84 dias de crescimento. No primeiro experimento, as maiores produções acumuladas em nove cortes foram de Arapoty e Capiporã com 8380 e 7130 kg MS ha⁻¹ respectivamente, seguidos de Xaraés e Marandu, com 6210 e 5860 kg MS ha⁻¹ respectivamente. Em crescimento livre, aos 84 dias, os cultivares não diferiram quanto à produção de forragem sendo que, após os 56 dias de crescimento o aumento de massa foi oriundo principalmente do maior acúmulo de hastes e material morto. Visando conciliar maior produção de folhas e menor produção de haste e material morto, Arapoty, Xaraés e Capiporã devem ser cortados quando apresentarem altura entre 45 e 50 cm. Marandu deve ser colhido com altura variando de 35 a 40 cm do nível do solo. O fotoperíodo foi um forte determinante da taxa de acúmulo de forragem dos cultivares. As temperaturas mínimas e médias do ar tiveram menor influência e a insolação não foi significativa. Os valores de R² dos cultivares Arapoty e Marandu foram 0,64 e 0,59 para T_{min} (temperatura mínima) e 0,50 e 0,41 para T_{med} (temperatura média), respectivamente. Para os cultivares Capiporã e Xaraés, a influência da temperatura mínima e temperatura média na taxa de acúmulo de forragem foram mais pronunciadas, com R² de 0,83 e 0,74 para T_{min} e 0,53 e 0,63 para T_{med} respectivamente. A análise comparativa dos modelos completos e reduzidos revelou coincidência entre os modelos de T_{min}, T_{med}, GD (graus-dia) e UF (unidades fototérmicas) para um nível de significância de 5%. Para os modelos de fotoperíodo (Nm) a análise demonstrou que os modelos não são coincidentes, indicando que para essa variável, a utilização de um modelo específico para cada cultivar fornecerá melhores estimativas para a taxa de acúmulo de forragem. No crescimento livre os modelos baseados em GD e UF mostraram-se viáveis para estimativa do acúmulo de forragem, apresentando altos coeficientes de determinação. A análise comparativa desses modelos revelou que para as duas variáveis climáticas (GD e UF), os modelos específicos (completos) fornecerão melhores estimativas que os modelos genéricos (reduzidos). Quanto ao início do desenvolvimento reprodutivo, os cultivares podem ser classificados como: precoce (cv. Arapoty), médio (cv. Marandu) e tardios (Xaraés e Capiporã). Estudos devem ser conduzidos visando

explorar as características morfológicas e fenológicas inerentes a cada genótipo, buscando acima de tudo, conhecer a ecofisiologia e entender os processos de crescimento, desenvolvimento e senescência

FORAGE PRODUCTION OF *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf AND MODELING YEILD IN RESPONSE TO CLIMATIC VARIABLES

Author: DANIEL DE CASTRO RODRIGUES

Adviser: Prof. Dr. CARLOS GUILHERME SILVEIRA PEDREIRA

SUMMARY

Pastures make up for 180 million ha in Brazil. Of those, 70 to 80% are established with grasses of the *Brachiaria* genus. The successful development of new animal production systems would benefit from the availability of improved forages that are adapted to a range of conditions regarding climate, soil, and management. Intensification of these systems requires that decision-making tools are available to producers. Among these tools, simulation models may be useful in monitoring and controlling forage production. The objective of this research was to study forage productivity and morphology of four *Brachiaria brizantha* cultivars ('Marandu', 'Xaraés', 'Arapoty', and 'Capiporã') and to parameterize simple models to predict forage production, in an attempt to associate agronomic traits and environmental variables to support decision-making. Two experiments were carried out using a completely randomized experimental design with four treatments (grass cultivars) and four replications. In the first experiment, irrigated plots were harvested every four weeks at 20 cm and the accumulated forage was characterized in terms of mass and plant part composition. In the second experiment a single regrowth was monitored and both forage mass and plant part composition from these unharvested plots were characterized

on days 28, 42, 56, 70, and 84 of regrowth. In the first experiment, total forage accumulation after nine harvests was greater for Arapoty (8380 kg DM ha⁻¹) than for Xaraés (6210 kg DM ha⁻¹) and Marandu (5860 kg DM ha⁻¹), but not higher than that of Capiporã (7130 kg DM ha⁻¹). In the unharvested plots, forage mass was not different across cultivars on the 84th day. After the 56th day, increases in forage mass were accounted for by increases in the stem and dead material components. In managing these grasses, if objectives include maximization of leaf proportion and minimization of stem and dead material, Arapoty, Xaraés, and Capiporã should be harvested at sward heights between 45 and 50 cm. Marandu should be harvested at sward heights of 35 to 40 cm. Daylength impacted herbage accumulation rates markedly, while the low and mean daily air temperatures affected that response to a lower degree. Solar radiation did not affect herbage accumulation rate. The R²-values of the prediction models for forage accumulation rates of Capiporã and Xaraés were 0.64 and 0.59 for the low-temperature (Tmin) model, and 0.50 and 0.41 for the mean-temperature (Tmed) model, respectively. On Capiporã and Xaraés, the impact of both Tmin and Tmed on the rates of forage accumulation was higher, with R² of 0.83 and 0.74 for Tmin and 0.53 and 0.63 for Tmed, respectively. Comparative analyses of both full and reduced models showed coincidence among the Tmin, Tmed, GDD (growing degree-days), and PU (photothermal units), at the 5% significance level. The daylength (Nm) models were not coincident, suggesting that cultivar-specific Nm models are stronger predictors of forage accumulation rate than a single reduced Nm model. The GDD and PU models built with data from the unharvested plots were found to be good predictors of forage accumulation. Analysis showed that for both independent variables, cultivar-specific (full) models give better estimates than the reduced models. With regard to the initiation of reproductive development, Arapoty is an early cultivar, whereas Marandu is medium and Xaraés and Capiporã are late. Further research is needed in order to provide a better description of cultivar morphology and phenology, and, ultimately, to allow for a fuller understanding of the inter-relationships among growth, development, and senescence.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro abrange cerca de 23% do território nacional (IBGE, 2003). Na região, os fatores de crescimento das culturas tais como luz, temperatura e água são abundantes. Características favoráveis como topografia, estrutura, textura, dos solos, infra-estrutura para produção animal e ecossistema natural estável compõem o quadro geral dos Cerrados brasileiros.

O Brasil é hoje o maior produtor mundial de carne em pastagens (FAO, 2003). Nesse contexto, a região dos Cerrados é responsável pelo grande crescimento da agricultura e da pecuária no território nacional. As áreas de pastagens cultivadas tiveram um crescimento marcante nos últimos 30 anos, quando a área de 11 milhões de hectares em 1970 passou para 29 milhões em 1980 e para aproximadamente 180 milhões de hectares em 2001 (IBGE, 2003). Esse aumento é explicado, em parte pela introdução dos capins do gênero *Brachiaria* (Trin.) Griseb, por programas de pesquisa e desenvolvimento como o Polocentro (Programa para o Desenvolvimento do Cerrado) e o Prodecer (Programa Cooperativo Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento do Cerrado) (Macedo, 1995) e pela intensificação das atividades agrícolas no Centro-Norte brasileiro.

Na região dos Cerrados, a estacionalidade na distribuição de chuvas, associada à ocorrência de veranicos (longos períodos de estiagem em janeiro e fevereiro) e à baixa fertilidade dos solos, restringe o crescimento de raízes, e exige das plantas alto grau de adaptação. Nesse sentido, a *Brachiaria* spp dentre as espécies de plantas forrageiras cultivadas mais utilizadas nessa região, têm apresentado essa característica (Valle et al., 2001).

A quase totalidade dos cultivares de plantas forrageiras tropicais de importância econômica foi obtida por processos de coleta e/ou introdução por instituições de pesquisa pública ou privada. Entre as espécies cultivadas, as plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* apresentam maior importância, fato corroborado pela sua grande área cultivada e pelo grande valor agregado ao comércio de suas sementes. Estima-se que cerca de 70 a 80% da área com pastagens cultivadas no Brasil utilizem cultivares desses dois gêneros (Valle & Miles, 1994; Andrade, 1994).

No Brasil, o número de cultivares de plantas forrageiras melhoradas disponíveis no mercado é pequeno, resultando no cultivo de áreas extensas com poucos genótipos. Isso implica num risco permanente para as pastagens, resultado da estreita base genética dos cultivares, sujeitos à quebra da resistência a pragas e doenças por algum agente biótico. Não somente essa vulnerabilidade genética pode comprometer a qualidade e a produção de forragem mas, também, a redução da capacidade de adaptação ou de resposta à variação nas condições de clima e solo tem sido causa de baixa produtividade para muitos cultivares quando cultivados fora da sua faixa ótima de adaptação ambiental (Pereira, 2002).

Nos Cerrados, predominam condições de ambiente ideais para o desenvolvimento da agricultura e da pecuária. Terras antes consideradas marginais, onde se praticava pecuária de forma extensiva, estão sendo tomadas gradativamente por lavouras para a produção de milho (*Zea mays* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e soja [*Glycine Max* (L.) Merril]. A produção animal também teve avanços, com aumentos na taxa de lotação e nas taxas de ganho de peso médio dos animais.

Os avanços na agricultura e pecuária ocorreram após o chamado “desbravamento dos Cerrados” advindo da introdução de espécies forrageiras do gênero *Brachiaria* a partir da década de 1960 (Andrade, 1994; Nascimento Jr. et al., 2003). A importância do gênero teve início com a introdução da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, que se adaptou muito bem às condições edafoclimáticas da região (Andrade, 1994). Posteriormente, em 1984, a Embrapa Gado de Corte (CNPGC) e a Embrapa Cerrados (CPAC) lançaram a *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu, mais

exigente em fertilidade porém mais produtiva e tolerante à cigarrinha das pastagens (Valle et al., 1994; Andrade, 1994)

Nos últimos anos, os produtores têm procurado a racionalização dos sistemas de produção animal. Apesar de algum progresso em índices zootécnicos, estes ainda continuam baixos, indicando a necessidade do melhor uso da tecnologia disponível, principalmente nos sistemas de produção animal baseados em pastagens. Segundo Euclides (2000), a globalização do mercado gerou maior demanda pelo chamado “Boi Verde” ou “Boi de Capim”, trazendo vantagens para o Brasil devido à produção de carne e leite ter como base alimentar o uso de pastagens. A racionalização e intensificação dos sistemas de produção animal exige do pecuarista trabalhar com maiores investimentos e giro de capital e conduzir a atividade de forma empresarial. O planejamento e o uso de ferramentas, que auxiliem o gerenciamento e a tomada de decisão, terão importância relevante, visto que são peças-chave no aumento da eficiência do sistema. Dentre essas ferramentas pode-se destacar o uso de modelos de simulação.

Um modelo descreve o funcionamento de um sistema produtivo e inter-relaciona seus vários componentes. Modelos desenvolvidos para auxiliar o planejamento são ferramentas de apoio e não geradores de soluções seguras e garantidas que devam ser seguidas à risca. Seu objetivo é fornecer informações relevantes ao processo de tomada de decisão para o produtor, sendo importante ter consciência de que todo modelo é, na realidade, uma simplificação do mundo real e seu resultado deve ser analisado sempre com muito cuidado antes de se tomar qualquer decisão (Barioni et al. 2003). O uso de modelos matemáticos para estimar a produção das pastagens permite maior controle sobre o binômio oferta e demanda de alimentos na propriedade, fornecendo informações importantes ao produtor para a realização do planejamento de sua atividade.

O objetivo deste trabalho foi gerar informações sobre produção de forragem e características morfológicas de quatro genótipos de *Brachiaria brizantha* (cultivares Marandu, Xaraés, Arapoty e Capiporã) e parametrizar modelos simples de predição da produção de forragem para esses cultivares, buscando assim associar características agronômicas e variáveis ambientais no processo de tomada de decisão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O gênero *Brachiaria*

Gramíneas do gênero *Brachiaria* têm seu principal centro de origem e diversificação no leste da África, e ocorrem naturalmente nas savanas africanas (Valle et al., 1994). O gênero contém mais de 100 espécies, distribuídas principalmente nos trópicos. Plantas de *Brachiaria* crescem em regiões alagadas, regiões desérticas, sombreadas, mas são encontradas tipicamente nas savanas (Buxton & Fales, 1994). Diversas espécies do gênero foram identificadas na África, América, Austrália, Índia e Sudeste Asiático. Dessas, seis são comumente usadas como forragem principalmente nos países da América tropical: *B. dictyoneura* (Fig. et De Not.) Stapf, *B. brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu, *B. decumbens* (Stapf) cv. IPEAN e cv. Brasilisk., *B. humidicola* (Rendle) Schweick, *B. mutica* (Forssk) Stapf e *B. ruziziensis* R. Germ. et. Evrard (Buxton & Fales, 1994). Algumas espécies como *B. plantaginea* (Link) Hitchc e provavelmente *B. mutica* podem ter sido introduzidas na América acidentalmente, provavelmente no período colonial como cama dos escravos. A *B. decumbens* foi introduzida no Brasil em 1952, *B. ruziziensis* em 1960 e *B. brizantha* em 1965 (IBPGR, 1984).

Leitão Filho (1977) descreveu o gênero como sendo constituído por plantas herbáceas, eretas ou prostradas, anuais ou perenes, rizomatosas ou não, comumente emitindo raízes adventícias nos nós em contato com o solo. A bainha foliar é glabra ou pilosa, normalmente excedendo as dimensões dos internódios. A lígula é branca e hialina, formada por um curto anel membranáceo; lâmina foliar em geral desenvolvida, lanceolada, de ápice acuminado, glabra ou pilosa.

2.2 Distribuição e características agronômicas

No Brasil, dos aproximadamente 180 milhões de hectares de pastagem cultivadas e nativas, cerca de 70 a 80% são formados por espécies do gênero *Brachiaria*, sendo a maior área localizada no Centro-Oeste (Valle et al., 2001). Os Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, que possuem aproximadamente 73 milhões de hectares de pastagens, têm 51% de área formada por *Brachiaria*, 41-42% formada por espécies nativas e apenas 7-8% formada com outras espécies forrageiras (Macedo, 1995).

A partir da década de 1960, a expansão da pecuária, em especial nos Cerrados, levou o Brasil a possuir o maior rebanho bovino comercial do mundo (IBGE, 2003). A abertura dos Cerrados, com a substituição das espécies nativas, de baixa produtividade, por gramíneas do gênero *Brachiaria* (inicialmente com a *Brachiaria decumbens* [Stapf]) permitiu ao país chegar a esse patamar. Isso pode ser consequência de características favoráveis das plantas desse gênero tais com propagação por sementes, possibilidade de consórcio com culturas anuais, facilidade de manejo, persistência em solos de baixa fertilidade (Soares Filho, 1994). Segundo Andrade (1994) essas características podem ser consideradas a tecnologia que permitiu o avanço e sustentação da pecuária nos Cerrados. Pereira (1987), reportou que o gênero *Brachiaria* colaborou com o desbravamento dos Cerrados, aumentando consideravelmente a área de pastos cultivados e ampliando sobremaneira a fronteira agropecuária, principalmente da bovinocultura de corte. O gênero permitiu reconhecido aumento do rebanho nacional não somente no número de cabeças, mas também na melhoria de seus índices zootécnicos. Esse fenômeno pode ser comprovado pela análise das mudanças ocorridas no rebanho bovino brasileiro. O número de cabeças passou de aproximadamente 158 milhões em 1996 para cerca de 177 milhões de cabeças em 2001 (IBGE, 2003). Esse crescimento de mais de 3,5 milhões de cabeças/ano originou-se possivelmente da “migração” das áreas de pastagem artificiais, principalmente do gênero *Brachiaria*, para áreas de pastagens nativas (áreas já estabelecidas com pastagens artificiais estão sendo consideradas ideais para os avanços das lavouras nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste), aumento da

capacidade de suporte das pastagens, proveniente do maior uso de tecnologia e recentemente da integração lavoura-pecuária nas propriedades rurais.

A importância dos capins do gênero *Brachiaria* para abertura de novas áreas para a bovinocultura de corte e mais recentemente para a agricultura foi ressaltada por diversos pesquisadores (Andrade, 1994; Vale & Miles, 1994; Valle et al., 2001). Atualmente, diversos estudos vêm comprovando os benefícios da integração lavoura-pecuária no tocante à quebra de ciclos de pragas e doenças, melhora das condições físicas do solo, aumento da eficiência de reciclagem de nutrientes, menor incidência de plantas invasoras, além dos benefícios da palhada de *Brachiaria* como cobertura morta para o plantio direto (Yokoyama et al., 1995; Barcellos & Vilela, 1999).

Atualmente, as espécies *B. decumbens* cv. Basilisk, *B. ruzizienensis* Germain & Evrard, *B. humidicola* (Rendle) Schweickhardt e *B. brizantha* (Hochst. ex A.Rich.) Stapf podem ser consideradas as mais cultivadas no Brasil (Soares Filho, 1994). Dentre essas espécies, a elevada produção de forragem, tolerância a pragas em especial às cigarrinhas das pastagens [*Zulia entreciana* (Berg), *Deois flavopicta* (Stal) e *Deois schach* (Fab)], alta resposta à aplicação de fertilizantes, boa qualidade de forragem, alta produção de raízes e sementes, levaram a *B. brizantha* cv. Marandu a alcançar atualmente o primeiro lugar na venda de sementes forrageiras no país (Andrade, 1994).

O capim-Marandu é um ecótipo de *B. brizantha* que foi cultivado por vários anos em Ibirarema, SP, de onde foi distribuída para várias regiões. Em 1977 essa gramínea foi levada para a Embrapa Gado de Corte (CNPGC) e, tendo sido incluída no processo de avaliação de plantas forrageiras. A Embrapa Cerrados (CPAC) recebeu esse material em 1979 e em 1984 o CNPGC e o CPAC lançaram o cultivar Marandu como mais uma alternativa para a diversificação das áreas de pastagens (Nunes et al., 1984).

Com a substituição das pastagens nativas por pastagens cultivadas e o aparecimento da cigarrinha das pastagens, a *B. brizantha* tornou-se a espécie forrageira considerada ideal para a exploração pecuária nos Cerrados. A *B. brizantha*, que hoje em determinadas regiões como a Amazônia teve sua resistência à cigarrinha das pastagens quebrada [as infestações são principalmente das espécies *Zulia entreciana* (Berg), *Mahanarva entreciana* (Berg) e *Deois flavopicta* (Stal)] (Bernado et al 2003; Valle,

2002), ainda se configura como a espécie mais importante para a pecuária nos Cerrados. Atualmente, técnicos e pesquisadores encontram poucas opções de espécies forrageiras para a exploração pecuária em terras de baixa e média fertilidade, sendo o capim Marandu a opção que permite maior persistência nesses solos, minimizando o risco de insucesso de muitos sistemas pecuários em operação.

2.3 Desenvolvimento de cultivares e importância para a pecuária

Um grande número de experimentos de parcelas, com diferentes gêneros, espécies, variedades e cultivares de plantas forrageiras tem sido conduzido em locais representativos das diversas regiões dos Cerrados com objetivo de avaliar aspectos agronômicos de produção da forragem, assim como o potencial de produção de sementes e resistência a pragas e doenças (Macedo, 1995). Há, por exemplo, os casos das avaliações das grandes coleções de *Panicum* e *Brachiaria* realizadas pela Embrapa Gado de Corte e Embrapa Cerrados, assim como os experimentos em rede, onde espécies de forrageiras são avaliadas de maneira semelhante em diferentes regiões do país, buscando identificar características e estratégias de manejo apropriadas para cada ambiente. Desse esforço já resultaram importantes lançamentos de novos materiais, dentre os quais se destacam os capins *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Panicum maximum* cv. Tanzânia, assim como outros que despontam como promissores e que poderão causar impactos positivos na pecuária brasileira.

No Brasil, as áreas de exploração pecuária estão distribuídas em diferentes ecossistemas. Em cada região é possível identificar uma infinidade de variações ambientais e a necessidade de se identificar espécies forrageiras com ampla capacidade de adaptação edafoclimática. Dentre as espécies de *Brachiaria*, podem ser encontrados diferentes graus de adaptação a diferentes ecossistemas, resistência ou suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças, além de uma série de características peculiares a cada espécie ou cultivar. Vários ecótipos de bom potencial agronômico nas coleções brasileiras, tanto de *P. maximum* quanto de *Brachiaria*, ainda aguardam avaliação sob

pastejo e poderão ser lançados comercialmente num futuro próximo, permitindo maior escolha de cultivares apomíticos comercializados, reduzindo assim o risco da monocultura (Pereira, 2002). Estima-se que anualmente são incorporados aos sistemas de produção animal, por intermédio de novos plantios, quatro milhões de hectares de pastagens, e que são renovados outros 10 milhões de hectares. Essa intensa expansão da área de pastagens gera forte demanda por novos cultivares e material propagativo (sementes, colmos, mudas) das espécies forrageiras mais importantes (Pereira, 2002)

De acordo com Valle & Miles (1994), a coleta e introdução de germoplasmas foram e continuam sendo importantes em gramíneas do gênero *Brachiaria*. Antes de 1984, a pequena coleção mundial de *Brachiaria* era constituída de cerca de 70 acessos. Entre 1984 e 1985, uma extensa coleta em países do leste africano foi realizada pelo CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), reunindo cerca de 700 acessos de 24 espécies, sendo parte dessa coleção importada pela Embrapa. Muitos desses materiais encontram-se em avaliação principalmente na Embrapa Gado de Corte e Embrapa Cerrados, dentro de várias linhas de trabalho visando identificar os acessos superiores e aqueles com atributos desejáveis.

As avaliações feitas pela Embrapa (Gado de Corte e Cerrados) sobre a variabilidade natural em *Brachiaria*, identificaram 200 variedades em oito espécies. Com o processo de avaliação, esse número caiu para 21 variedades em três espécies, sendo oito espécies de *B. brizantha*. Quatro dessas passaram a experimentos de pastejo, em quatro ecossistemas, e uma foi lançada recentemente com o nome de cultivar Xaraés (Valle & Miles, 1994; Valle, 2002). Da variabilidade da coleção de *Brachiaria* poderão surgir novos cultivares que possibilitarão maior diversificação das opções para a formação de pastagens, com todos os benefícios decorrentes como, por exemplo, menor risco de disseminação de pragas e doenças, melhor aproveitamento de diferentes tipos de solo, ou mesmo a utilização mais racional pelas diversas categorias animais (Valle et al., 1986).

A introdução de novos cultivares acompanhado pelos recentes avanços tecnológicos na produção animal em pastagens e o aumento da competitividade entre os

segmentos da agricultura e da pecuária, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, levaram o produtor a buscar aumentos na produção e produtividade animal. Esses aumentos poderão ser alcançados, por meio da introdução de práticas de manejo adequadas e uso de espécies forrageiras mais produtivas e de melhor qualidade. Isso significa que existe elevada demanda por novas opções de plantas forrageiras que combinem elevada capacidade de produção com alta qualidade. Nesse sentido, a obtenção de cultivares superiores constitui um desafio para os melhoristas de plantas (Pereira, 2002), não existindo hoje no mercado uma material que possua características de rusticidade, produtividade, adaptabilidade e persistência como capim-Marandu. Considerando as grandes diferenças edafoclimáticas entre os ecossistemas brasileiros e os diferentes níveis tecnológicos existentes, deverá ocorrer uma maior diversificação dos cultivares e espécies de gramíneas utilizadas. Essa diversificação deverá contribuir para uma maior variabilidade das pastagens e maior utilização dos recursos genéticos das plantas forrageiras tropicais.

2.4 O ambiente e a produção de forragem

Atualmente, agrostologistas em muitos países têm dedicado esforços para identificar gêneros, espécies e ecótipos de plantas forrageiras que sejam melhor adaptados aos diversos ecossistemas tropicais. Na busca por materiais melhor adaptados às diversas condições edafoclimáticas e bióticas, principalmente na região central do Brasil, a introdução de germoplasmas é uma prática que vem sendo implementada, gerando resultados satisfatórios (Souza, 1995).

Schultze-Kraft (1979) afirmou que desde que se reconheceu que a alimentação do gado é o principal fator limitante para a produção pecuária, o interesse na pesquisa sobre plantas forrageiras e a importância de desenvolver variedades novas e mais produtivas e que se adaptem nos diferentes ecossistemas têm aumentado de maneira considerável. Segundo Pedreira et al. (1998), as respostas biológicas que influenciam a adaptação, sobrevivência e crescimento de animais e plantas são função direta dos

efeitos das variáveis físicas do ambiente (e.g., temperatura, luminosidade, disponibilidade de água e nutrientes etc). Essas variáveis de ambiente são responsáveis pela distribuição territorial das diferentes espécies forrageiras e influenciam de maneira direta a produtividade das pastagens. Embora crescimento rápido em um curto período de tempo possa resultar em altas produções, isso pode não significar alta produção animal anual, devido ao longo período de escassez de alimento em parte do ano. A estacionalidade de produção de forragem das gramíneas tropicais, associada ao mau planejamento do uso dos recursos forrageiros, pode ser considerada uma das principais causas dos baixos índices zootécnicos da pecuária de carne e leite no Brasil (Pedreira, 1972). Enquanto o verão proporciona temperaturas e índices pluviométricos elevados, e, por isso, altas taxas de evapotranspiração, no inverno o fotoperíodo mais curto, as baixas temperaturas noturnas e a baixa umidade relativa do ar, consequência da menor pluviosidade, podem limitar o crescimento das gramíneas tropicais, gerando assim um padrão estacional de produção que será mais ou menos acentuado de acordo com o genótipo (Valle et al., 2001).

De maneira geral, no Brasil Central a produção das pastagens concentra-se no “verão”, ou seja, o período quente e chuvoso normalmente de outubro a março, com uma produção da ordem de 20 a 30% do total anual no período de “inverno” (abril a setembro). Vários são os fatores determinantes da estacionalidade de produção de forragem, dentre os quais a temperatura do ar, a radiação solar, o fotoperíodo e a umidade do solo são considerados os principais (Eagel, 1971; Rolim, 1980; Villa Nova et al., 1999).

O efeito do ambiente sobre as plantas é refletido nas taxas de crescimento, no desenvolvimento, na produção e na qualidade da forragem por meio de alterações em processos fisiológicos. Muitos fatores de ambiente afetam o desenvolvimento fisiológico das plantas forrageiras, porém, durante o crescimento, quando o suprimento de água e nutrientes normalmente é suficiente, temperatura e luminosidade exercem a maior influência (Buxton & Fales, 1994). Diversos autores mostraram a influência de variáveis ambientais como luz e temperatura na produção das pastagens (Burton, 1988; Pedreira et al., 1998; Tonato, 2003), indicando ser estas variáveis do ambiente extremamente

importantes para os processos de crescimento e senescência dos tecidos vegetais, alterando a velocidade das reações, a taxa de aparecimentos de folhas, perfilhamento, florescimento, alongação foliar e, conseqüentemente, o manejo da planta forrageira (Nabinger & Pontes, 2001).

2.5 Resposta das plantas à temperatura

A temperatura do ar varia com a estação do ano, altitude, face de exposição do terreno e declividade, afetando o crescimento das plantas e sua distribuição, direta ou indiretamente, por interferir na fisiologia e nos processos de absorção e translocação de nutrientes (Da Silva, 1995). Ela interfere na velocidade das reações químicas, influenciando a eficiência da fotossíntese, com reflexos na taxa de alongamento foliar e, conseqüentemente, na taxa de perfilhamento. Entretanto, ao aumentar simultaneamente a quantidade de folhas e, por conseqüência, o índice de área foliar (IAF), a elevação da temperatura acaba levando à redução do perfilhamento por auto-sombreamento (Nabinger & Medeiros, 1995).

Para todas as plantas existe uma temperatura ótima sob a qual a planta cresce com maior rapidez. O crescimento da planta é interrompido quando a temperatura cai abaixo de um certo valor mínimo ou excede um certo valor máximo. Dessa forma, as espécies tropicais têm crescimento ótimo dentro de uma faixa de temperatura entre 25-35 °C e seu crescimento é reduzido até cessar sua atividade sob temperaturas entre 10 °C e 15 °C (Cooper & Tainton, 1968). Por serem de fisiologia C₄, as gramíneas tropicais apresentam drástica redução em suas taxas fotossintéticas com temperaturas mínimas inferiores a 15 °C. Este fator corresponde a um dos principais agentes causadores da estacionalidade de produção das pastagens (Rolim, 1980).

Segundo Rodrigues et al. (1993), tanto temperaturas muito baixas como temperaturas muito altas, podem representar fatores de estresse para o crescimento de plantas forrageiras tropicais. Em geral, essas espécies são mais tolerantes às temperaturas altas e menos tolerantes às temperaturas baixas do que as espécies de clima

temperado. Jacques (1994) reportou que o capim elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) cessou seu crescimento quando a temperatura foi superior a 30-35 °C ou inferior a 10 °C. Ivory e Whiteman (1978) ao avaliarem a combinação de temperaturas diurnas e noturnas variando de 10 a 40 °C em cinco gramíneas forrageiras tropicais, reportaram que o número de perfilhos, o número de folhas, a área foliar e o peso dos perfilhos apresentaram resposta quadrática ao aumento da temperatura. A duração da vida das folhas e, por consequência, a senescência foliar, são influenciadas pela temperatura da mesma forma que o surgimento de folhas. Dessa forma, quando um perfilho atinge seu número máximo de folhas vivas, passa haver um equilíbrio entre a taxa de surgimento de folhas e a senescência das folhas mais velhas (Nabinger, 1997).

Segundo Buxton & Fales (1994) a temperatura da planta é o resultado de interações complexas entre as plantas e seu ambiente e é influenciada pela densidade do fluxo de radiação, pelo calor de condução, convecção e calor latente, bem como pelos aspectos morfológicos e fisiológicos das plantas. Normalmente, a temperatura é o fator ambiental que exerce maior influência sobre a qualidade das plantas, influenciando a distribuição de assimilados entre raiz e parte aérea. Cooper & Tainton (1968) reportaram que o crescimento da raiz aumenta relativamente sob baixas temperaturas e o crescimento da parte aérea aumenta sob temperatura mais elevadas.

A temperatura pode alterar o metabolismo do dreno, acelerando ou retardando reações individuais e alterando as taxas de transporte ativo pela membrana, através de seus efeitos sobre a atividade e concentração de enzimas. De acordo com Buxton & Fales (1994), sob altas temperaturas ocorre grande conversão de fotoassimilados em compostos estruturais. O efeito primário da temperatura na qualidade da planta forrageira é a alteração em sua taxa de desenvolvimento, influenciando a proporção relativa de folhas e hastes. Um efeito secundário resulta em diferenças na morfologia ou no tipo de tecido das folhas e hastes. Segundo Murtagh et al. (1987), a elevação da temperatura de 25 para 30 °C, provocou aumento na produção de hastes, associado com espessamento e aumento do comprimento dos entrenós em capim-quicuiu (*Pennisetum clandestinum* Chiov.).

Altas temperaturas promovem um rápido crescimento e desenvolvimento da haste, aumentam o teor dos componentes da parede celular e, como consequência aumenta a participação desse componente na matéria seca total da planta, particularmente em gramíneas tropicais. Segundo Wilson (1982), esses efeitos estão negativamente correlacionados com a digestibilidade da matéria seca. A redução na digestibilidade sob altas temperaturas também está relacionada com uma maior lignificação da parede celular (Nelson & Moser, 1994). Temperaturas desfavoráveis ao desenvolvimento da planta irão alterar o plastocrono e promovem mudanças na morfologia da folha que estão relacionadas com o tamanho e número de células. Baixas temperaturas em períodos prolongados afetam a pressão de turgescência, o alongamento e a divisão celular (Pollock, 1990). Altas temperaturas também promovem a maturação de tecidos e, portanto, as folhas e hastes terão maior digestibilidade quando crescem em temperaturas mais amenas. Quando a água não é um fator limitante, o declínio na digestibilidade da matéria seca da forragem com o desenvolvimento da planta é mais lenta durante os meses frios que durante os meses quentes de verão (Wilson, 1982).

Embora sejam citadas temperaturas mínimas de 10 °C e média mensal mínima de 16 °C como limite para manter o crescimento das plantas forrageiras tropicais (Cooper & Tainton, 1968; Ivory & Whiteman, 1978; Jones, 1985; Nabinger, 1994), não há dados relativos à resposta de plantas forrageiras à temperatura nas condições dos Cerrados. Essa variável climática, quando associada com a estacionalidade de produção forrageira, práticas de manejo e ambiência animal, que causam contínuos estresses anuais, caracteriza um conjunto de informações importantes na sustentabilidade dos sistemas de produção animal em longo prazo (Macedo, 1995).

2.6 Resposta das plantas à luz

A quantidade de luz disponível às plantas está relacionada com a distribuição estacional da energia solar e é um fator básico e limitante na produção, sendo a utilização dessa energia restringida por outros fatores climáticos como baixas

temperaturas, deficiência de água e baixa fertilidade do solo (Cooper & Tainton, 1968). Desde que esses fatores permaneçam favoráveis, a máxima produção de forragem será obtida com a maior eficiência de utilização da energia luminosa pelas folhas (Rocha, 1991). A interceptação luminosa que é função da quantidade de folhas existentes na pastagem, da estrutura e morfologia do dossel, tem efeito sobre a atividade fotossintética, modificando sua eficiência e, conseqüentemente, mudando a produção (Hodgson, 1990)

Segundo Rocha (1991), a captação de energia luminosa pelo dossel depende do arranjo espacial de sua parte aérea e da eficiência fotossintética de cada espécie na comunidade botânica do pasto. A manutenção do índice de área foliar (IAF) deve relacionar-se com os limites de produtividade do dossel, pois, quando o IAF é baixo, a energia disponível é mal utilizada. Por outro lado, em condições de IAF muito alto, o ritmo de crescimento é prejudicado pelo sombreamento das folhas inferiores (Rocha, 1991). Segundo Lemaire (2001), a redução de área foliar e, conseqüentemente, da interceptação de luz pelo dossel, reduz de forma intensa a fotossíntese. A estreita relação entre interceptação luminosa e produção de biomassa vegetal gera a necessidade de utilização de variáveis que as correlacionam direta ou indiretamente para melhor compreensão das relações funcionais existentes entre esses componentes dos ecossistemas. De acordo com Hodgson (1990), o aumento da interceptação luminosa em decorrência do aumento de área foliar resulta em aumento da taxa de fotossíntese bruta da comunidade vegetal, a qual é acompanhada por um aumento correspondente na taxa respiratória do dossel. O balanço entre essas taxas consiste na fotossíntese líquida.

Segundo Humphreys (1991), a taxa de reposição de folhas em plantas submetidas à desfolhação depende, dentre outros fatores, da extensão da área foliar remanescente e de sua capacidade fotossintética. A capacidade fotossintética das folhas residuais reflete o ambiente luminoso no qual ela se desenvolve. Desta forma, as folhas que crescem em camadas inferiores do dossel, com IAF altos, após a eliminação da camada superior por pastejo ou corte, são pouco eficientes fotossinteticamente por crescerem em um ambiente de pouca luz (Rodrigues et al. 1993).

Durante o crescimento e desenvolvimento da comunidade vegetal, o IAF “crítico” pode ser definido quando 95% da luz incidente é interceptada pelo dossel. Quando praticamente toda luz incidente é interceptada pelo dossel e a diferença entre a fotossíntese bruta e a respiração é máxima, temos o IAF “ótimo”. Nesse ponto, os acúmulos líquidos de biomassa por unidade de área e unidade de tempo são máximos (Da Silva & Pedreira, 1997). O IAF “teto” é aquele em que a taxa de produção de novas folhas (unidades de massa) se iguala a morte de folhas basais ou inferiores, atingindo-se o máximo valor de IAF para uma determinada cultura sob uma determinada condição de manejo e ambiente (Gomide, 1994). Sabendo-se que a luz (quantidade e qualidade) opera como fator decisivo no que diz respeito à competição entre plantas (inter e intra-específica) e à conseqüente ocupação do solo, pode-se afirmar que a produção de área foliar dentro de um determinado ecossistema vegetal em crescimento livre ocorre até um valor máximo (IAF “teto”), que é definido pela disponibilidade de luz incidente.

As correlações entre IAF e altura do dossel indicam que a altura se destaca dentre outras capazes de explicar as respostas de crescimento/produção da cultura e desempenho animal. Isso se deve ao fato de que altura do dossel normalmente apresenta alta correlação tanto com aspectos morfo-fisiológicos, que definem a produção vegetal, bem como aspectos que definem o consumo de forragem pelo animal, o que em última análise responde por grande parte do seu desempenho (Hodgson, 1990; Gomide et al., 1997).

O regime de luz que determina o fotoperíodo exerce influência marcante no crescimento e reprodução das plantas forrageiras. De acordo com Hay (1990), o fotoperíodo pode influenciar as plantas alterando as taxas de expansão foliar, produção de massa seca e duração da fase reprodutiva, além de ser para algumas espécies de plantas forrageiras um sinal para o início da fase reprodutiva.

Em revisão sobre a influência do fotoperíodo na produção de massa seca de gramíneas e cereais, Hay (1990) reportou que, o aumento do número de horas de luz resultou em aumento da produção de massa seca bem como do comprimento das lâminas e bainhas foliares. De acordo com Buxton & Fales (1994), fotoperíodos longos geralmente resultam em maiores produções de forragem devido ao aumento das taxas

fotossintéticas, aumentando o acúmulo de conteúdo celular e diluindo o de parede celular. Burton et al. (1988), avaliando o efeito da temperatura, comprimento do dia e radiação solar na produção de *Cynodon dactylon* (L.) Pers., concluíram ser o comprimento do dia a variável mais influente na produção dessa gramínea. No entanto, os autores ressaltaram que nenhuma variável sozinha foi capaz de explicar mais de 45% da variação registrada em produção, indicando ser difícil isolar uma variável ambiental em condição de campo.

Variações no fotoperíodo também têm importante papel na indução do estágio reprodutivo em algumas espécies de plantas forrageiras. Segundo Santos (2002), as plantas apresentam mecanismos de controle da partição de nutrientes em resposta a estímulos do meio, de forma a estabelecer o equilíbrio entre o crescimento de diferentes órgãos e entre o suprimento e demanda de carboidratos. A maioria das espécies de plantas forrageiras tropicais floresce em dias curtos, ou seja, as plantas entram em floração se os dias são mais curtos que um certo número crítico de horas de luz.(Whatley, 1982). A sensibilidade de muitas espécies a mudanças no comprimento natural do dia, da latitude ou estação do ano tem efeito pronunciado no desenvolvimento e produção das plantas (Humphreys, 1991).

Segundo Whatley (1982), em muitas espécies nenhuma flor é iniciada sem que ocorra algum estímulo ambiental (na maioria das vezes mais de um). Os estímulos mais comuns são mudanças no fotoperíodo e temperatura. Muitas espécies tropicais, porém, florescem em resposta a uma breve queda de temperatura e um estímulo do fotoperíodo não é mais necessário. Outras espécies respondem ao fotoperíodo apesar da pequena variação anual que há nele. Já foi demonstrado que em alguns cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), por exemplo, o florescimento ocorre em resposta a mudanças no fotoperíodo de apenas 5 minutos (Whatley, 1982).

Os requerimentos fotoperiódicos à floração de algumas espécies mais importantes de *Brachiaria*, como *B. brizantha* e *B. decumbens*, não estão elucidados, não havendo informações suficientes para classificá-las de modo definitivo dentro de nenhum grupo específico de requerimento fotoperiódico. No entanto, na prática, tem-se observado que, quando cultivadas em regiões delimitadas pelas latitudes de 15° S e 23°

S, que compreende o “Brasil Central Agropecuário”, *B. brizantha* e *B. decumbens* apresentam dois picos de florescimento por ano, com a época de florescimento variando em função da localização geográfica da área de produção e das práticas agronômicas de manejo empregadas (Souza, 1991).

2.7 Uso de modelagem na predição da produção de pastagens

O desenvolvimento de modelos integrando os diferentes elementos das cadeias de produção agrícola teve início após a “Revolução Verde”, no início de 1950 (Lovatto, 2003¹). Isso ocorreu pela necessidade de otimizar a eficiência econômica e produtiva dos sistemas de produção, que se tornaram mais intensivos em relação ao uso de insumos e recursos financeiros. A introdução de modelos como ferramenta de ajuda à decisão teve como agentes facilitadores a disponibilidade de informações e a necessidade de sistematizar o conhecimento acumulado. Modelos matemáticos de predição/estimativa da produtividade das pastagens surgiram com o intuito de prever as variações estacionais de produtividade das pastagens com base nas relações obtidas experimentalmente e associar o crescimento das plantas à magnitude das variáveis climáticas (Barioni et al. 2003). Esses modelos permitem a previsão da produtividade em diferentes locais, respeitando-se os limites de confiança impostos pelas situações contempladas no desenvolvimento do modelo.

Buscando compreender melhor e resolver os questionamentos relativos aos determinantes ambientais das respostas quantitativas das plantas forrageiras e fornecer subsídios mais precisos para a quantificação da produção de forragem, têm sido propostas abordagens envolvendo técnicas de modelagem matemática baseadas em variáveis climáticas para a racionalização dos processos biológicos. Segundo Gomes (1977), o desenvolvimento de modelos baseados em variáveis climáticas para predição

¹ LOVATTO, P.A. Princípios da modelagem e sua aplicabilidade nos sistemas de produção agrícola. Palestra, SBZ, 2003.

da resposta de culturas tem sido estudado sob dois aspectos básicos: o primeiro referente às estimativas de duração de fases fenológicas e o segundo referente à previsão de produção. Práticas de manejo de pastagens baseadas no calendário humano geram recomendações sobre períodos de descanso e intervalo entre cortes que, muitas vezes, perdem seu valor devido às grandes variações na “oferta ambiental” (luz, temperatura, umidade etc.), nos diferentes ecossistemas. Segundo Nabinger (1997), se o crescimento das plantas de uma pastagem não pode ser medido considerando-se o calendário humano, também não se poderia utilizá-lo para nortear as práticas de manejo, a menos que as condições de temperatura e radiação fossem rigorosamente constantes ao longo do tempo e também não ocorressem limitações hídricas e nutricionais, o que no campo é praticamente impossível.

Atualmente, um dos modelos de produtividade de pastagens mais utilizado é o baseado no conceito de graus-dia ou constantes térmicas, sendo definida como a soma de temperaturas acima de uma temperatura-base necessária para que a planta atinja um determinado período de desenvolvimento. Trata-se de uma quantificação simplificada da energia (soma calórica) que está a disposição para planta a cada dia e representa o acúmulo diário de energia acima de uma condição mínima e abaixo de uma máxima exigida pela planta (temperaturas-base) (Berlato & Stulli, 1976). Isso se justifica pelo fato de os processos de desenvolvimento das plantas serem fortemente afetados pela temperatura. Para Nabinger (1997), o conceito de graus-dia permite integrar ao calendário humano uma unidade de tempo à qual as plantas são sensíveis, ou seja, as temperaturas a que as plantas estão expostas a cada dia.

Soto (1981), avaliando a eficiência de modelos de crescimento de plantas de pastagens, encontrou forte correlação entre as taxas médias de crescimento dos capins Pangola A-24 (*Digitaria pentzii* Stent) e colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) e o acúmulo de graus-dia. O mesmo autor reportou que, ao comparar os resultados médios dos acúmulos de forragem obtidos ao longo do ano, em cinco anos de experimentação, com aqueles preconizados pelas equações propostas (modelos), o método forneceu boas estimativas das variações estacionais de produção.

A influência das variáveis ambientais (temperatura, fotoperíodo, radiação, entre outras) no crescimento e desenvolvimento das culturas já foi demonstrada por diversos autores (Buxton & Fales, 1994; Mitchell et al., 1997; Blumenthal & Harris, 1998; Sinclair et al., 2001), sendo difícil, em condições de campo, o isolamento de um determinado fator. Atualmente, modelos mais elaborados, que integram maior número de variáveis na racionalização dos processos produtivos, têm sido avaliados (Medeiros, 2003; Tonato, 2003). Nesse sentido, buscando integrar variáveis ambientais num único indicador climático que pudesse reger a resposta produtiva das culturas, Villa Nova et al. (1983) propuseram um modelo baseado em uma unidade de grandeza denominada unidade fototérmica (UF) que, segundo os autores, teria como objetivo prever a produtividade de plantas forrageiras em resposta a oscilações estacionais do ambiente, combinando o efeito da temperatura do ar e do fotoperíodo sobre a resposta da planta.

Villa Nova et al. (1983) definiram a unidade fototérmica pela equação:

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

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

O valor de $\overline{GD}$ é expresso pelas equações:

$$\overline{GD} = (\overline{T} - 15) - C \quad (\text{usada quando } \overline{Tm} \text{ é maior ou igual a } 15 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad (2)$$

$$\overline{GD} = \frac{(\overline{Tx} - 15)^2}{2(\overline{Tx} - \overline{Tm})} - C \quad (\text{usada quando } \overline{Tm} \text{ é menor que } 15 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad (3)$$

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 a correção de temperatura base superior (usada somente se $\overline{T}$ for maior que 30 °C), dada por:

$$C = \frac{(\overline{T_x} - 30)^2}{2(\overline{T_x} - \overline{T_m})} \quad (4)$$

Os valores de N (N_f ou N_i) para qualquer dia do ano podem ser obtidos pelas equações:

$$N = 0,1333 \arccos(-\tan \delta \cdot \tan \phi) \quad (5)$$

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

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).

Villa Nova et al. (1999) reportaram que a unidade fototérmica é viável para estimativa da produção total de massa seca e de variação estacional para pastagens de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) em condições irrigadas ou na ausência de deficiência hídrica. Segundo os autores, esse tipo de estimativa é importante para o planejamento e avaliação de sistemas de produção animal em pastagem e que, para outras espécies de plantas forrageiras, novos experimentos precisariam ser conduzidos para nova parametrização do modelo proposto.

Para que se consiga novos avanços na produção animal em pastagem, torna-se necessário o uso de técnicas e ferramentas que permitam explorar a grande variabilidade de ecossistemas existentes no Brasil. A introdução de novas plantas forrageiras, o conhecimento do seu potencial produtivo, resposta à aplicação de fertilizantes, a irrigação, ao estresse, bem como a situações de manejo intensivo da pastagem, devem

ser estudadas em diferentes condições ambientais. O efeito marcante do ambiente na produtividade e qualidade das plantas forrageiras gera a necessidade do conhecimento e racionalização dos fatores produtivos envolvidos, entre eles luz e temperatura. Desse modo, a avaliação e parametrização de modelos de crescimento nas condições edafoclimáticas do Cerrado são importantes para se conhecer a amplitude do efeito das variáveis ambientais na resposta produtiva dos cultivares de *B. brizantha*, sendo um passo inicial para planejamentos de sistemas de irrigação e de fertilização das pastagens.

3 PRODUÇÃO DE FORRAGEM DE CULTIVARES DE *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf IRRIGADOS E DINÂMICA DE REBROTAÇÃO EM DOSSÉIS EM CRESCIMENTO LIVRE

Resumo

Após o lançamento e introdução bem sucedida do capim-Marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf] na região dos Cerrados em 1984, milhares de hectares foram plantados com essa única espécie forrageira, aumentando o risco de infestações por pragas e doenças. A quantificação do potencial produtivo de novos cultivares, bem como o conhecimento de suas características agronômicas em resposta aos fatores de ambiente são importantes para subsidiar práticas de manejo que visem a otimização do recurso forrageiro em sistemas de produção. O objetivo deste trabalho foi gerar informações sobre produção de forragem e características morfológicas de quatro genótipos de *B. brizantha* (cultivares Marandu, Xaraés, Arapoty e Capiporã) sob irrigação. Para isso foram realizados dois experimentos com delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 tratamentos (cultivares) e 4 repetições. No primeiro experimento com parcelas irrigadas, foram avaliados o acúmulo de forragem e a composição morfológica da forragem colhida a cada quatro semanas a 20 cm do nível do solo. No segundo experimento com parcelas em crescimento livre, o acúmulo e a composição morfológica da forragem acumulada foram medidos aos 28, 42, 56, 70 e 84 dias de crescimento. No primeiro experimento, as maiores produções acumuladas em nove cortes foram de Arapoty e Capiporã com 8380 e 7130 kg MS ha⁻¹ respectivamente, seguidos de Xaraés e Marandu, com 6210 e 5860 kg MS ha⁻¹. Mesmo sob irrigação e

altos níveis de adubação nitrogenada ($750 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), limitações de temperatura e fotoperíodo determinaram o padrão estacional de produção de forragem. Em crescimento livre, aos 84 dias, os cultivares não diferiram quanto à produção de forragem sendo que, após os 56 dias de crescimento o aumento de massa foi oriundo principalmente do maior acúmulo de hastes e material morto. Visando conciliar maior produção de folhas e menor produção de haste e material morto, Arapoty, Xaraés e Capiporã devem ser cortados quando apresentarem altura entre 45 e 50 cm. Marandu deve ser colhido com altura variando de 35 a 40 cm do nível do solo. Os novos cultivares de *B. brizantha* possuem características morfológicas e fenológicas distintas. Deste modo, quanto ao início do desenvolvimento reprodutivo, pode-se classificá-los como: precoce (cv. Arapoty), médio (cv. Marandu) e tardios (Xaraés e Capiporã).

FORAGE YIELD OF *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf CULTIVARS UNDER IRRIGATION, AND SWARD REGROWTH DYNAMICS FOLLOWING DEFOLIATION

Summary

With the release and successful introduction of Marandu-grass [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf cv. Marandu] into the Cerrado region of Brazil in 1984, thousands of hectares were established to this single forage, increasing the potential risks of damage and loss due to pests and diseases. If the forage potential of newer releases is properly quantified and if their agronomic responses to management and environment are adequately assessed, their use in grazing systems can be optimized. The objective of this research was to generate simple data libraries on yield and morphological traits of four *B. brizantha* genotypes (Marandu, Xaraés, Arapoty, and Capiporã, the latter three being newly released cultivars) under irrigation. Two experiments were carried out using a completely randomized experimental design with

four treatments (grass cultivars) and four replications. In the first experiment, irrigated plots were harvested every four weeks at 20 cm and the accumulated forage was characterized in terms of mass and plant part composition. In the second experiment a single regrowth was monitored and both forage mass and plant part composition from these unharvested plots were characterized on days 28, 42, 56, 70, and 84 of regrowth. In the first experiment, total forage accumulation after nine harvests was greater for Arapoty (8380 kg DM ha⁻¹) than for Xaraés (6210 kg DM ha⁻¹) and Marandu (5860 kg DM ha⁻¹), but not higher than that of Capiporã (7130 kg DM ha⁻¹). Even irrigation and 750 kg N ha⁻¹ yr⁻¹, were not able to modify the seasonal yield distribution caused by lower winter temperatures and shorter daylengths. In the unharvested plots, forage mass was not different across cultivars on the 84th day. After the 56th day, increases in forage mass were accounted for by increases in the stem and dead material components. In managing these grasses, if objectives include maximization of leaf proportion and minimization of stem and dead material, Arapoty, Xaraés, and Capiporã should be harvested at sward heights between 45 and 50 cm. Marandu should be harvested at sward heights of 35 to 40 cm. The new *B. brizantha* cultivars showed contrasting morphological and phenological traits. As for the initiation of reproductive development, they can be classified as early (Arapoty), medium (Marandu), or late (Xaraés and Capiporã).

3.1 Introdução

As gramíneas do gênero *Brachiaria* podem ser consideradas hoje como a principal fonte de alimento para os bovinos no Brasil. Aproximadamente 70% das pastagens nacionais são formadas por gramíneas desse gênero. Devido à sua adaptação a solos de baixa e média fertilidade, essas gramíneas foram responsáveis pela grande expansão da pecuária nas regiões Norte e Centro-Oeste do país (Andrade, 1994). O capim-Marandu [*B. brizantha* cv. (Hochst.) Stapf. cv. Marandu] difundiu-se rapidamente entre os produtores em função de sua rusticidade e adaptação a diferentes condições

edafoclimáticas, substituindo espécies forrageiras nativas e gramíneas cultivadas como o capim-gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv.), o capim-jaraguá [*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf.] e o capim-andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth.) dentre outras. A dificuldade de se encontrar espécies forrageiras que se adaptem tão bem a diferentes condições de solo, clima e manejo como o capim-Marandu fez com que milhares de hectares fossem plantados com essa única espécie forrageira. O resultado foi o aumento populacional e infestação do cultivar pela cigarrinha-das-pastagens [*Mahanarva entreriana* (Berg) *Zulia entreriana* (Berg), *Deois flavopicta* (Stal)] na região Amazônica (Valle, 2002). Assim, passa a ser importante aumentar a disponibilidade de opções diversificando as fontes de alimento para os bovinos, buscando aumentos em produção e produtividade animal com o uso de espécies forrageiras produtivas e que respondam à intensificação dos sistemas de produção.

Após o lançamento bem-sucedido do capim-Marandu em 1984, pesquisadores da Embrapa Cerrado e Embrapa Gado de Corte lançaram em 2002 a *B. brizantha* cv. Xaraés como mais uma opção de gramínea forrageira. Atualmente, encontram-se em estágio final de avaliação mais dois cultivares de *B. brizantha*, registrados recentemente como Arapoty e Capiporã, e que devem ser disponibilizados para o mercado assim que forem concluídas as avaliações experimentais. A quantificação do potencial produtivo dos novos cultivares, bem como o conhecimento de suas características agronômicas em resposta aos fatores de ambiente devem ser usados para subsidiar práticas de manejo e a modelagem visando a otimização do recurso forrageiro em sistemas de produção ao longo do ano.

O presente estudo teve como objetivo avaliar quatro cultivares de *B. brizantha* sob corte e irrigação, com o intuito de contrastá-los quanto alguns de seus atributos agronômicos nas condições do Brasil Central.

3.2 Material e Métodos

Neste trabalho foram avaliados quatro genótipos de *Brachiaria brizantha*: *B. brizantha* cv. Marandu, *B. brizantha* cv. Xaraés, *B. brizantha* cv Arapoty e *B. brizantha*

cv. Capiporã, que foram alocados às unidades experimentais segundo um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições.

O trabalho foi desenvolvido na estação experimental da EMBRAPA CERRADOS (CPAC), em Planaltina, DF, com as coordenadas geográficas aproximadas de 15° 35' latitude sul e 47° 42' longitude oeste, 1007 m de altitude. O período experimental foi de 08 de janeiro a 29 de outubro de 2003.

Os pastos foram estabelecidos em 1999, em piquetes de 1 hectare, que previamente ao início do experimento vinham sendo pastejados por bovinos de sobreano até que, em dezembro de 2002, áreas de 16 x 8 m foram cercadas para evitar a entrada dos animais e estabelecer as unidades experimentais (Figura 1).

Figura 1 - Croqui da área experimental. Piquetes e unidades experimentais (áreas de exclusão)

O solo do local é um Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999), textura média, e cuja composição química média é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química inicial do Latossolo Vermelho Distrófico da área experimental. Planaltina-DF

pH (H ₂ O)	Al	H+Al	Ca+Mg	K	CTC	P (Mehlich 1) mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	V %
		(mmol _c dm ⁻³)						
5,51	1,4	53,0	27,9	1,3	82,2	2,49	26,5	35,24

V = saturação por bases; M.O. = matéria orgânica.

3.2.1 Clima

Os dados climáticos médios de 10 anos (1992 a 2002) e durante o período experimental foram coletados na estação metereológica principal da Embrapa Cerrados, localizada a aproximadamente 1000 m da área experimental (Figuras 2 e 3).

Figura 2 – Temperaturas médias mensais do ar (máxima, mínima e média) durante o ano experimental (2003) e comparação com dados médios de 10 anos (1992 a 2002)

Figura 3 – Precipitação pluviométrica durante o ano experimental e comparação com dados médios de 10 anos (1992 a 2002)

3.2.2 Condução do experimento e amostragens

3.2.2.1 Produção e composição morfológica da forragem

Após o corte de homogeneização realizado no nível do solo em 08/01/03, foiram demarcadas, dentro de cada unidade experimental (área de exclusão), quatro “parcelas” de 3,0 x 1,5 m que receberam o equivalente a 150 kg P₂O₅ ha⁻¹ na forma de superfosfato simples e 75 kg N e K₂O ha⁻¹ (fórmula 20-00-20), permanecendo em crescimento livre até que o dossel atingisse altura superior a 30 cm, o que ocorreu em 06/02/2003 (dia zero). Nesse dia, a forragem acima de 20 cm de altura foi cortada e removida, estabelecendo-se dessa maneira a altura de referência do resíduo considerada durante o período experimental. A partir dessa data, uma parcela (convencionou-se chamar de “parcela de produção”) foi sorteada ao acaso sendo iniciadas as amostragens, que foram realizadas em intervalos de cerca de quatro semanas (28 dias), e se estenderam até 29/10/2003, totalizando nove cortes (Tabela 2). Após cada corte foram aplicados o

equivalente a 75 kg ha^{-1} de N e K_2O por meio da fórmula 20-00-20. Para quantificar o acúmulo e a composição morfológica da forragem em cada corte, a parcela de produção teve sua bordadura aparada (0,5 m) com auxílio de uma moto-segadora e a forragem contida em uma faixa de $2 \times 0,5 \text{ m}$ (área útil) foi colhida a 20 cm do nível do solo, pesada fresca e subamostrada. A subamostra, de aproximadamente 350 g, foi separada manualmente em seus constituintes morfológicos [folha (lâminas foliares), haste e material morto] os quais foram levados para secagem em estufa de circulação e renovação de ar, à temperatura de 65°C até peso constante. O peso seco da subamostra e a sua composição morfológica foram extrapolados para a amostra. O acúmulo de forragem (AF) em cada rebrotação correspondeu à massa de forragem colhida e o total produzido (AFT) durante o período experimental correspondeu à soma dos acúmulos de massa dos nove cortes realizados.

As três “parcelas” restantes foram manejadas da mesma forma da “parcela de produção”. Todavia foram apenas utilizadas para quantificar a massa residual [massa de forragem do nível do solo até a altura de corte (20 cm)]. A massa do resíduo foi quantificada no dia zero (06/02/03, início do crescimento para o primeiro corte) e nos cortes 1, 2 e 3 (08/03; 08/04 e 07/05/03). Na data do corte, após terem sua bordadura aparada (0,5 m), a massa de forragem produzida acima de 20 cm do solo era cortada e desprezada, sendo o resíduo amostrado no nível do solo em uma área de $1,0 \times 0,5 \text{ m}$. A massa de forragem proveniente desse $0,5 \text{ m}^2$ foi colhida, pesada fresca, subamostrada e submetida aos mesmos procedimentos utilizados para as amostras colhidas acima de 20 cm.

Tabela 2. Data da avaliação e intervalo entre cortes durante os 294 dias do período experimental

Data	Intervalo entre cortes (dias)	Operação
08/01	0	Homogeneização (corte ao nível do solo)
06/02	0*	Início do experimento (definição do resíduo) corte a 20 cm
08/03	31*	corte 1
08/04	31*	corte 2
07/05	29*	corte 3
10/06	34*	corte 4
07/07	27*	corte 5
05/08	29*	corte 6
02/09	28*	corte 7
01/10	29*	corte 8
29/10	28*	corte 9

* Adubação pós-corte com 75 kg ha⁻¹ de N e K₂O (20-00-20).

Para eliminar os efeitos da restrição hídrica à produção de forragem foram realizadas irrigações utilizando um pulverizador acoplado à tomada de potência do trator. Uma pistola de pulverização foi acoplada ao pulverizador, sendo calibrada para vazão de 920 L h⁻¹. A quantidade de água aplicada foi baseada na evapotranspiração potencial (Eto) pela método de Pemman, estimada semanalmente a partir dos dados

coletados na Estação Meteorológica Principal da Embrapa Cerrados. Na reposição da água considerou-se uma eficiência de irrigação de 80% (Tabela 3).

Tabela 3. Evapotranspiração potencial (Eto), precipitação pluvial (ppt), balanço e reposição hídrica durante o período experimental (2003)

Mês	Eto	ppt	Balanço (ppt – Eto)	Reposição
mm				
Jan	138,31	203,8	65,5	-
Fev	143,82	137,8	-6,0	-
Mar	122,59	178,9	56,3	0,0
Abr	131,09	37,3	-93,8	117,2
Mai	130,98	9,4	-121,6	152,0
Jun	138,41	0	-138,4	173,0
Jul	142,00	0	-142,0	177,5
Ago	147,80	29,3	-118,5	148,1
Set	161,60	18,4	-143,2	179,0
Out	150,42	22,7	-127,7	159,7
Nov	124,99	133,5	8,5	0,0
Dez	163,15	163,7	0,6	-

3.2.2.2 Massa de forragem, Índice da Área Foliar (IAF) e altura do dossel aos 28, 42, 56, 70 e 84 dias de crescimento livre

Nas unidades experimentais foram também alocadas outras cinco parcelas de 3 x 1,5 m que foram utilizadas para caracterizar o dossel aos 28, 42, 56, 70 e 84 dias de crescimento. As avaliações realizadas nessas datas foram: massa de forragem acima de 10 cm do nível do solo, índice de área foliar e altura do dossel.

Após o corte de uniformização das áreas de exclusão (08/01/2003), foram sorteadas a idade de crescimento e amostragens para cada parcela. As amostragens foram

realizadas nos dias 06/02, 19/02, 10/03, 25/03 e 08/04/2003 para 28, 42, 56, 70 e 84 dias de crescimento, respectivamente.

Na data de amostragem a parcela escolhida teve sua bordadura aparada (0,5 m) e a forragem contida na faixa de 2 x 0,5 m colhida a 10 cm do nível do solo, pesada fresca e subamostrada. A subamostra, de aproximadamente 350 g, foi coletada e separada em seus constituintes morfológicos [folhas (lâminas foliares) haste e material morto) e levados para secar em estufa de circulação e renovação de ar, a 65°C até peso constante, para determinação da massa seca de cada constituinte morfológico da subamostra. O peso seco e a composição morfológica da subamostra foram extrapolados para a amostra.

A avaliação do IAF foi realizada pela coleta de 50 perfilhos antes do corte em uma região da unidade experimental que correspondesse à altura média da parcela. Os perfilhos eram coletados e as lâminas foliares verdes eram separadas. Estas tinham sua área foliar determinada por meio do aparelho integrador de área foliar marca HAYASHI DENKOH Co modelo AAC 400. Em seguida, eram levadas para secagem em estufa de circulação e renovação de ar a 65 °C até peso constante e, em seguida, eram pesadas, determinando-se assim a área foliar específica média em g/cm². A área foliar específica média juntamente com a massa seca de folhas por unidade de área foram usadas para calcular o IAF em cada data de amostragem

A altura do dossel foi avaliada usando-se uma transparência (filme de acetato) colocada sobre três pontos representativos da altura média da parcela, tomando-se quatro medidas por ponto (os quatro lados da transparência), totalizando 12 medições por parcela. A altura do dossel em cada data de amostragem foi calculada como a média das 12 medidas.

3.2.3 Análise estatística

Fez-se análise de variância considerando o efeito de cultivar num delineamento inteiramente casualizado para os dados de acúmulo de forragem total (AFT), massa de

folhas total (MFT), massa de haste (MHT) e massa de morto (MMT). Utilizou-se procedimento GLM (General Linear Models) do programa estatístico SAS (SAS, 1988) sendo a comparação de médias feitas pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%.

A análise de variância para os efeitos de cultivares e cortes, bem como a interação cultivar $\times$ corte foi efetuada para as variáveis massa total, massa de folhas, massa de haste e material morto tanto nas avaliações cujos os cortes foram realizados a cada quatro semanas, como naquelas de avaliação do acúmulo de forragem no regime de crescimento livre. Para tanto, considerou-se o delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, utilizando-se o procedimento MIXED, do programa SAS (SAS, 1998), sendo os cultivares tratados com “parcelas” e os cortes considerados como subparcelas. No modelo estatístico, considerou-se como efeito aleatório apenas o erro experimental. Para efeito de comparação de médias entre os tratamentos foi utilizado o teste de Tukey com nível de significância de 10%.

Os dados de altura do dossel durante o crescimento livre foram correlacionados com a massa de forragem em cada data de crescimento por meio do procedimento PROC CORR (SAS, 1998), para tentar estabelecer uma associação entre altura do dossel e massa de forragem.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Produção de forragem

Houve efeito de cultivar ($P=0,0064$), corte ($P<0,0001$) para acúmulo de forragem e da interação cultivar $\times$ corte ($P=0,0035$) para o acúmulo de forragem total (AFT) (Tabela 4). O acúmulo de forragem total do cultivar Arapoty foi superior àquele do Xaraés e do Marandu, mas não diferiu de Capiporã. Os cultivares Capiporã, Xaraés e Marandu não apresentaram diferenças entre si. Apesar das grandes doses de nitrogênio, os acúmulos totais medidos neste trabalho são inferiores àqueles relatados na literatura

para *B. brizantha*. Segundo Ghisi & Pedreira (1984), a espécie pode alcançar produções superiores a 30 t de massa seca (MS) ha⁻¹ ano⁻¹, sendo essa produção dependente das condições de clima, solo e manejo.

Ruggieri et al. (1995), avaliando a produção de massa seca de *B. brizantha* cv. Marandu sob três doses nitrogênio (0, 33 e 66 kg N ha⁻¹), encontraram produções variando de 3,3 a 6,7 t MS ha⁻¹ em um único corte realizado a 20 cm do nível do solo após 28 dias de rebrotação. Valle et al. (2001) relataram produções de capim Marandu entre 2,0 e 8,6 t MS ha⁻¹ em 84 dias de crescimento. Mari (2003), trabalhando com intervalos entre cortes de 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias, obteve amplitude de produção de massa seca entre 20,2 e 28,2 (t ha⁻¹ ano⁻¹). No presente estudo, mesmo sob irrigação e doses de nitrogênio que chegaram a 750 kg ha⁻¹ após nove cortes, a produção de massa seca possivelmente foi influenciada negativamente por fatores como fotoperíodo e temperatura. Diversos autores ressaltam a importância da quantidade e qualidade da radiação incidente e do fotoperíodo em uma série de processos fisiológicos e morfofisiológicos das plantas, como a taxa fotossintética, aparecimento, alongamento e senescência de folhas, taxa de perfilhamento e florescimento (Da Silva & Pedreira, 1997; Villa Nova et al., 1999; Da Silva & Corsi, 2003). Segundo Balsalobre (2003), a aplicação de água elimina (ou reduz) os efeitos do estresse hídrico sobre as plantas, porém, em diversas regiões do Brasil, o desenvolvimento das plantas forrageiras no período da entressafra é limitado pela temperatura ou por outros fatores como luminosidade e fotoperíodo.

No presente estudo todos os cultivares apresentaram acentuada queda na produção de massa seca após o terceiro corte (maio/junho), o que ressalta o padrão estacional de produção dessas gramíneas, mesmo sob irrigação e altas doses de nitrogênio.

Apesar das limitações do método de irrigação utilizado neste trabalho, observações semanais no campo e amostragem do solo com uso de trado no dia anterior à aplicação de água a uma profundidade de 20 cm, indicavam que o solo ainda continha umidade e possivelmente o déficit hídrico não foi fator que restringiu o crescimento das plantas entre Maio e Setembro

Tabela 4. Acúmulo de forragem por corte (AF) e acúmulo de forragem total (AFT), de cultivares de *B. brizantha* de março (corte 1) a outubro de 2003 (corte 9)

CORTE	ARAPOTY	CAPIPORÃ	XARAÊS	MARANDU	MÉDIA	EPM
kg MS ha ⁻¹						
1	2223 ^{Aa}	1482 ^{Ab}	1050 ^{Bc}	2039 ^{Aa}	1698 ^A	174
2	1431 ^{BCa}	1684 ^{Aa}	1115 ^{Bb}	744 ^{Bc}	1243 ^B	174
3	1225 ^{Cab}	1340 ^{Aa}	1150 ^{Bb}	1206 ^{Bab}	1230 ^B	174
4	318 ^{Da}	416 ^{Ca}	375 ^{Da}	373 ^{Da}	370 ^{CD}	174
5	308 ^{Da}	77 ^{Cb}	50 ^{Db}	100 ^{Db}	133 ^D	174
6	130 ^{Da}	24 ^{Ca}	0 ^{Da}	0 ^{Da}	38 ^D	174
7	185 ^{Da}	200 ^{Ca}	128 ^{Da}	45 ^{Da}	139 ^D	174
8	691 ^{Ca}	664 ^{Ba}	540 ^{Ca}	376 ^{Ca}	567 ^C	174
9	1870 ^{ABa}	1246 ^{Ab}	1805 ^{Aa}	1973 ^{Aa}	1723 ^A	174
AFT	8381 ^a	7132 ^{ab}	6211 ^b	5856 ^b		

*Médias nas colunas seguidas da mesma letra maiúscula e nas linhas seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%.
EPM = Erro padrão da média.

Somente a partir de Outubro (corte 8), quando a temperatura e a luminosidade deixaram de ser restritivas ao crescimento, todos os cultivares aumentaram a produção. As plantas são constantemente submetidas a fatores que reduzem o crescimento e desenvolvimento, impedindo que o potencial genético seja expresso. Fatores como déficit hídrico, temperaturas extremas, desbalanço ou deficiência de nutrientes, falta ou excesso de luz, e fatores do solo (e.g., salinidade e pH) podem ser considerados os principais. Porém, durante o crescimento, na primavera e no verão, quando o suprimento de água e nutrientes é suficiente, a temperatura exerce maior influência (Buxton & Fales, 1994)

Robertson et al. (1987) reportaram que tanto a expansão como a divisão celular são afetados negativamente pela queda de temperatura. No entanto, a síntese de compostos nitrogenados em *Bromus spp* (bromegrass) continuou após queda na temperatura de 23 para 3 °C. Segundo os autores, estudos de metabolismo mostram que

os compostos sintetizados em situações de baixa temperatura são alocados principalmente para os órgãos de reserva. Cooper & Tainton (1968) ressaltaram que a temperatura influencia a distribuição de assimilados entre a raiz e parte aérea. O crescimento da raiz aumenta relativamente sob baixas temperaturas e o crescimento da parte aérea sob temperaturas elevadas. Ao estudar os compostos de reserva em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, Lupinacci (2002) reportou que houve redução acentuada ao longo do período experimental nos teores (118,8 para 87,2 g kg⁻¹ de setembro a fevereiro) e estoques (0,225 para 0,111 kg m⁻² de setembro a fevereiro) de carboidratos não estruturais e nos teores e estoques correspondentes às frações nitrogenadas (12,76 para 3,98 g N kg⁻¹ total e 0,031 para 0,005 kg N m⁻² total de setembro a fevereiro), motivadas inicialmente pelo início do verão (estação de crescimento) e, posteriormente, pelo início do desenvolvimento reprodutivo das plantas., sugerindo que estes compostos depois de armazenados durante o outono e inverno, são utilizados de maneira intensa no início da primavera e verão, quando os fatores ambientais (principalmente luz e temperatura) não são mais restritivos ao crescimento das plantas.

De acordo com Barnes et al. (1979), os ajustes fisiológicos em situações de baixa temperatura alteram o crescimento das plantas diminuindo o tamanho dos internódios e reduzindo a velocidade de rebrotação. Ao correlacionar a temperatura mínima média mensal com os dados de produção de massa seca de 32 espécies e cultivares forrageiros no estado de São Paulo, Pedro Jr. et al. (1990) concluíram que a produção de massa seca foi quase nula em temperaturas mínimas inferiores a 10 °C. Segundo Jones (1985), em geral, o estresse da planta devido a temperaturas baixas é mais freqüente em comparação com o causado por temperaturas altas, quando se trata de espécies forrageiras tropicais. Por serem de fisiologia C₄, apresentam redução da atividade fotossintética sob baixas temperaturas, fator este correspondente a um dos principais agentes causadores da estacionalidade de produção e que possivelmente ocorreu neste trabalho.

O crescimento das plantas em resposta à luz solar pode ser devido a fatores qualitativos (comprimento de ondas ou cor), densidade (intensidade) e duração da radiação (fotoperíodo). Em condições de campo, freqüentemente esses fatores estão

interralacionados (Barnes et al., 2003). Durante o período experimental, que ocorreu principalmente no inverno, tanto a intensidade luminosa como o fotoperíodo diminuíram a partir de Janeiro, o que ocasionou redução no crescimento dos cultivares. Segundo Hay (1990), o acúmulo de forragem das gramíneas geralmente aumenta com o aumento do comprimento do dia, independente do desenvolvimento reprodutivo. A produtividade das pastagens é baixa durante os meses de fotoperíodo curto, com consequências negativas significativas para a agricultura e para o sequestro de carbono atmosférico (Sinclair et al., 2001).

3.3.2 Composição morfológica

O acúmulo de folhas (AFO) e hastes (AH), respectivamente foi diferente entre cultivares ($P=0,0022$ e $P=0,0002$) e corte ($P<0,0001$ e $P<0,0001$), tendo ocorrido interação cultivar $\times$ corte ($P=0,0021$ e $P<0,0001$) (Tabela 5). O acúmulo de material morto acima de 20 cm foi insignificante, não tendo sido registradas diferenças entre os tratamentos, razão pela qual seus valores não serão apresentados.

No presente estudo, o primeiro corte foi realizado em 8 de março, final do verão, sendo os demais cortes realizados durante o outono (três cortes), inverno (quatro cortes) e primavera (um corte), períodos em que a “oferta ambiental” (radiação, fotoperíodo e temperatura) limitou crescimento das plantas, como já foi demonstrado em diversos trabalhos (Pedreira, 1973; Pedreira & Mattos, 1981; Gerdes et al., 2000; Mari, 2003).

Burton (1988) encontrou coeficiente de correlação de 0,95 entre produção de forragem de cultivares de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. e o comprimento do dia, o autor relatou que a redução do comprimento do dia, da radiação solar e da temperatura foram todos altamente correlacionadas com a redução na produção de forragem.

Tabela 5. Acúmulo de folhas (AFO), acúmulo de folhas total (AFoT), acúmulo de hastes (AH) e acúmulo de hastes total (AHT) de cultivares de *B. brizantha* de março a outubro de 2003

DATA	ARAPOTY	CAPIPORÃ	XARAÉS	MARANDU	MÉDIA	EPM
AFO						
kg MS ha ⁻¹						
08/mar	1187 ^{Ba}	1177 ^{Ba}	848 ^{Bb}	1466 ^{Aa}	1169 ^{AB}	144
08/abr	1097 ^{Bb}	1591 ^{Aa}	1010 ^{Bb}	533 ^{Cc}	1057 ^B	144
07/mai	999 ^{BCac}	1061 ^{BCa}	699 ^{Bc}	672 ^{BCc}	857 ^{CD}	144
10/jun	280 ^{Da}	208 ^{DEa}	113 ^{Ca}	217 ^{CDEa}	204 ^D	144
07/jul	237 ^{Da}	48 ^{Eb}	25 ^{Cb}	70 ^{DEb}	104 ^D	144
05/ago	96 ^{Da}	18 ^{Ea}	0 ^{Ca}	0 ^{Ea}	28 ^D	144
02/set	185 ^{Da}	200 ^{Ea}	128 ^{Ca}	45 ^{DEa}	139 ^D	144
01/out	691 ^{Ca}	665 ^{Ca}	540 ^{Ba}	376 ^{CDa}	568 ^C	144
29/out	1870 ^{Aa}	1246 ^{ABb}	1805 ^{Aa}	973 ^{Bb}	1473 ^A	144
AFoT	6642 ^a	6216 ^{ab}	5167 ^{bc}	4352 ^c		
AH						
kg MS ha ⁻¹						
08/mar	945 ^{Aa}	54 ^{Cc}	73 ^{Cc}	478 ^{Ab}	387 ^A	53
08/abr	324 ^{Ba}	83 ^{BCc}	98 ^{Cb}	199 ^{Bb}	176 ^B	53
07/mai	208 ^{Bb}	258 ^{Ab}	440 ^{Aa}	506 ^{Aa}	353 ^A	53
10/jun	28 ^{Cb}	200 ^{ABa}	248 ^{Ba}	137 ^{BCa}	153 ^{BC}	53
07/jul	48 ^{Ca}	25 ^{Ca}	17 ^{Ca}	18 ^{CDa}	27 ^{BC}	53
05/ago	24 ^{Ca}	3 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Da}	6 ^{BC}	53
02/set	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Da}	0 ^C	53
01/out	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Da}	0 ^C	53
29/out	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Ca}	0 ^{Da}	0 ^C	53
AHT	1578 ^a	623 ^c	875 ^{bc}	1338 ^{ab}		

*Médias nas colunas seguidas de mesma letra maiúscula e nas linhas seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%.

EPM = Erro padrão da média

Tonato (2003) não encontrou diferenças na produção de forragem de cinco cultivares de *Cynodon* spp. durante o “inverno”. Segundo o autor, a redução em fatores

como o fotoperíodo, temperatura e intensidade luminosa resultaram em menor acúmulo de forragem mesmo quando a disponibilidade de água foi mantida satisfatória por meio da irrigação.

Os cultivares Arapoty e Capiporã não diferiram quanto ao AFoT (Tabela 5). No entanto, com relação ao AHT, Arapoty foi superior à Capiporã e Xaraés, mas não à Marandu. Capiporã produziu menor quantidade de hastes que o Marandu, não diferindo de Xaraés (Tabela 6). Euclides et al. (2000) avaliando o consumo voluntário de forragem de capim-Marandu e de *B. decumbens* cv. Basilisk sob pastejo reportaram diferenças tanto entre espécies como para período do ano para as percentagens de material verde e de folhas e, conseqüentemente para a quantidade de massa seca verde. Mari (2002), avaliando o efeito do intervalo entre cortes (a cada 15, 30, 45, 60, 75 ou 90 dias) na produção de capim-Marandu para ensilagem, reportou que a porcentagem de folhas durante o inverno apresentou resposta inconsistente, sendo aquela estação em que a média entre os tratamentos foram mais próximas, assim como a porcentagem de folhas. A porcentagem de hastes durante o inverno apresentou pouca variação justificada pelas condições ambientais às quais a comunidade de plantas foi exposta durante a estação, e que determinaram menor ritmo de crescimento das plantas. Resultado semelhante foi encontrado no presente estudo, onde do quarto ao oitavo corte, a reduzida “oferta ambiental” prejudicou o crescimento e possivelmente a detecção de diferenças entre os tratamentos. Segundo Santos (1997), outra possível causa da variação na porcentagem de folhas nos meses de fevereiro a junho seria consequência da predominância de perfilhos reprodutivos, o que também ocorreu no presente estudo.

O cultivar Arapoty acumulou mais forragem (AF) e folhas (AFO) no quinto corte e menores quantidades de haste (AH) no quarto corte que os demais cultivares. Uma possível causa dessa diferença foi o florescimento do Arapoty em um período em que, após o primeiro corte, com eliminação dos perfilhos reprodutivos, os novos perfilhos vegetativos ainda encontraram condições favoráveis (principalmente temperatura e fotoperíodo) para o seu crescimento. Os demais cultivares, encontravam-se em transição entre a fase vegetativa e reprodutiva tenderam a acumular mais hastes no quarto e quinto cortes (Tabela 5).

Por influenciar o comportamento ingestivo dos animais em pastejo, o componente “haste” afeta de maneira marcante o desempenho. Segundo Hodgson (1990), dietas contendo grande quantidade de hastes são consumidas mais lentamente que dietas contendo maiores quantidades de folhas ainda que com a mesma digestibilidade, isto porque os tecidos estruturais que compõem as hastes são digeridos mais lentamente.

Diversos autores ressaltaram a importância da participação do componente haste alterando o desempenho animal, a produção de forragem e a estrutura do dossel (Chacon et al., 1978; Burlison et al., 1991; Carvalho 1997; Euclides et al., 2000). Durante o experimento, Arapoty foi o primeiro cultivar a apresentar alongamento de hastes para o desenvolvimento reprodutivo o que ocorreu na segunda quinzena de Fevereiro, sendo que na data do primeiro corte (8 de março), as plantas de Arapoty já haviam atingido seu pico de florescimento (mais de 80% da parcela com inflorescências – avaliação visual) (Figura 4). Marandu, diferente de Arapoty, apresentou dois picos de florescimento, em Março e Maio. Porém, em nenhuma dessas ocasiões, houve florescimento uniforme das parcelas (Figura 5). Xaraés e Capiporã, iniciaram o desenvolvimento reprodutivo na segunda quinzena de Maio estando completamente florescidas em Junho (Figura 6 e 7 respectivamente). Segundo Souza (1991) entre as latitudes 15° e 23° S, *B. brizantha* e *B. decumbens* apresentam dois picos e florescimento por ano, sendo esse período variável em função da localização geográfica da área de produção e das práticas de manejo adotadas.

A classificação de cultivares de *B. brizantha* como plantas precoces, médias e tardias quanto ao seu desenvolvimento reprodutivo, foi feita por Souza (1995). Em seu trabalho, sobre fenologia reprodutiva de plantas do gênero *Brachiaria*, o autor concluiu que Arapoty (denominado até então de BRA-004391) e Marandu eram gramíneas de florescimento precoce e médio respectivamente, e Xaraés (BRA-004308) e Capiporã (BRA-003441), plantas tardias.

O controle da produção de hastes em gramíneas tropicais vem sendo estudado, porém sem resultados consistentemente satisfatórios. Segundo Santos (2002), os reguladores de crescimento têm sido testados com o objetivo de inibir o florescimento e

a o alongamento de hastes, embora a redução da produtividade do pasto seja um ponto limitante no uso de produtos químicos. Segundo a autora, o conhecimento da fisiologia de florescimento e do nascimento e morte de perfilhos seria uma ferramenta importante para planejar programas de cortes estratégicos para controlar o florescimento das gramíneas forrageiras sem contudo, comprometer a perenidade do pasto.

Figura 4 – Massa de forragem acumulada e porcentagem de haste na massa de forragem acumulada de *B. brizantha* cv. Arapoty. (Letras acima das barras refere-se a comparação de médias pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%)

Figura 5 - Massa de forragem acumulada e porcentagem de haste na massa de forragem acumulada de *B. brizantha* cv. Marandu. (Letras acima das barras refere-se a comparação de médias pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%)

Figura 6 – Massa de forragem acumulada e porcentagem de haste na massa de forragem acumulada de *B. brizantha* cv. Xaraés. (Letras acima das barras refere-se a comparação de médias pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%)

Figura 7 - Massa de forragem acumulada e porcentagem de haste na massa de forragem acumulada de *B. brizantha* cv. Capiporã. (Letras acima das barras refere-se a comparação de médias pelo teste de Tukey com nível de significância de 10%)

A avaliação de diferentes espécies ou cultivares de plantas sob uma mesma prática de manejo, sem dúvida leva ao favorecimento ou ao prejuízo daquele que se adapte mais ou menos àquela prática. Isso é válido tanto para experimentos de corte como de pastejo, onde as avaliações são realizadas sem o prévio conhecimento da ecofisiologia da planta. Segundo Nabinger (1997), em pastagens não pastejadas, o balanço da abundância relativa das espécies é determinado principalmente pela competição por luz, água e nutrientes. Esse balanço pode ser modificado pelo pastejo ou corte diferenciado das espécies e pelas respostas plásticas das plantas, que podem modificar certas características morfológicas ou morfogênicas com graus variáveis de intensidade

Os cultivares de *B. brizantha* estudados possuem diferenças em seu desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, o que poderia gerar respostas diferentes caso outro tipo de manejo fosse imposto. Desse modo, é de fundamental importância, que os princípios de manejo sejam conhecidos e praticados para que as pastagens possam se

manter produtivas e persistentes. A constituição genética da planta define seu potencial produtivo, no entanto, o manejo é o responsável pela sua expressão.

3.3.3 Resíduo

Houve efeito de cultivar ($P=0,0749$) e de corte ($P=0,0039$), não tendo sido detectada a interação cultivar $\times$ corte ($P=0,1652$). A massa de forragem do resíduo dos cultivares Arapoty, Capiporã e Xaraés não diferiram entre si. A massa de forragem do resíduo de Capiporã foi inferior ao de Marandu, não diferindo dos demais (Tabela 6). Todos os cultivares apresentaram tendência a aumentar a massa do resíduo após o primeiro corte. Esse aumento foi possivelmente oriundo de adaptação morfológica das plantas ao corte. A desfolhação resulta em alterações das características morfológicas das plantas e segundo Santos (2001), em pastagens de gramíneas tem sido observada uma compensação entre peso e número de perfilhos, sendo que a produção se mantém relativamente estável sobre diferentes condições de manejo.

Tabela 6. Massa de forragem do resíduo (0-20 cm) após o corte de igualação, primeiro, segundo e terceiro cortes.

Cultivar	Cortes				Média	EPM
	Igualação 06/02	1 08/03	2 08/04	3 07/05		
kg MS ha ⁻¹						
Arapoty	1859	2482	2671	2873	2471 ^{AB}	693
Marandu	1555	3624	3299	2543	2755 ^A	693
Xaraés	1863	2444	3315	2910	2633 ^{ABa}	693
Capiporã	1897	2015	2065	2880	2214 ^B	693
Média	1793 ^b	2641 ^a	2837 ^a	2801 ^a		

* Médias nas colunas seguidas de mesma letra maiúscula e nas linhas seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey com 10% de significância
EPM = Erro padrão da média.

No presente estudo, possivelmente até o terceiro corte, o aumento da massa de forragem do resíduo tenha proporcionado maior competição por luz entre os perfilhos ocasionando tendência à redução ou estabilização da massa de forragem residual.

3.3.4 Crescimento livre

Ao longo dos 84 dias de crescimento os cultivares não diferiram quanto à produção de forragem ($P=0,8585$) e produção de material morto ($P=0,2227$). Houve diferenças na produção de folhas ($P=0,0272$) aos 70 e 84 dias e de hastes ($P=0,0051$) a partir dos 56 dias. Registrou-se ainda efeito da interação cultivar $\times$ dias de crescimento para a produção de forragem ($P=0,0233$), produção de folhas ($P=0,0181$), produção de hastes ($P<0,0001$) e produção de material morto ($P=0,0024$) (Tabela 7). Após 56 e 70 dias de crescimento, não houve aumentos na massa de forragem de Arapoty e Capiporã, respectivamente. Marandu e Xaraés tiveram aumentos na massa de forragem até os 84 dias. A produção de folhas de Arapoty e Xaraés foi crescente até os 56 dias e para o Capiporã até os 70 dias. Marandu não apresentou incrementos na produção de folhas após os 42 dias de crescimento. Ruggieri et al. (1995), avaliando o efeito de doses de nitrogênio e de intervalo entre cortes (14, 28, 42 e 56 dias) na participação dos constituintes morfológicos (folha, haste e material morto) e composição bromatológica da forragem do capim-Marandu, também não encontraram aumentos na produção de folhas após 42 dias de crescimento. Segundo os autores, uma possível causa dessa estabilização seria a mudança no estágio de desenvolvimento das plantas de vegetativo para reprodutivo.

Para todos os cultivares, o aumento na massa após os 56 dias de crescimento foi oriundo principalmente dos aumentos na produção de hastes e de material morto. Ruggieri et al. (1995) chegaram a essa mesma conclusão após estudarem o efeito dos níveis de N e regimes de corte na distribuição dos componentes morfológicos, na

composição bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da matéria seca de *B. brizantha*.

Tabela 7. Massa de forragem, massa de folhas, haste e material morto dos cultivares de *B. brizantha* durante o crescimento livre

FRAÇÃO		ARAPOTY	MARANDU	CAPIPORÃ	XARAÉS	Média	EPM
Forragem	28	2149 ^{Ba}	2148 ^{Da}	2099 ^{Ca}	2407 ^{Ca}	2200 ^B	826
	42	2161 ^{Ba}	3406 ^{Ca}	2627 ^{Ca}	2494 ^{Ca}	2672 ^B	826
	56	4235 ^{Aa}	3197 ^{Ca}	3907 ^{Ba}	3363 ^{Ca}	3675 ^A	826
	70	4120 ^{Aa}	4908 ^{Ba}	4789 ^{Aa}	4332 ^{Ba}	4537 ^A	826
	84	4566 ^{Aa}	7015 ^{Aa}	4677 ^{Aa}	5757 ^{Aa}	5504 ^A	826
Folhas	28	1369 ^{Ba}	1298 ^{Ba}	1128 ^{Ba}	1573 ^{Ba}	1342 ^B	451
	42	1298 ^{Ba}	2120 ^{Aa}	1226 ^{Ba}	1594 ^{Ba}	1559 ^{AB}	451
	56	2683 ^{Aa}	1739 ^{Aa}	849 ^{Ba}	1925 ^{Aa}	1799 ^A	451
	70	2081 ^{Aab}	2275 ^{Aa}	1455 ^{Aa}	2383 ^{Aab}	2048 ^{AB}	451
	84	1814 ^{Aab}	2433 ^{Aa}	1448 ^{Ab}	2746 ^{Aa}	2110 ^{AB}	451
Haste	28	488 ^{Ba}	354 ^{Da}	524 ^{Ba}	483 ^{Ba}	462 ^C	373
	42	422 ^{Ba}	952 ^{Ca}	909 ^{Ba}	585 ^{Ba}	717 ^C	373
	56	718 ^{Bb}	828 ^{Cb}	2205 ^{Aa}	698 ^{Bb}	1112 ^{BC}	373
	70	1007 ^{Ab}	1769 ^{Bab}	2607 ^{Aa}	1066 ^{Ab}	1612 ^{AB}	373
	84	1168 ^{Ac}	3279 ^{Aa}	2537 ^{Aab}	1811 ^{Abc}	2199 ^A	373
Morto	28	292 ^{Ba}	497 ^{Ca}	447 ^{Ba}	350 ^{Ca}	396 ^B	258
	42	441 ^{Ba}	334 ^{Ca}	492 ^{Ba}	316 ^{Ca}	395 ^B	258
	56	833 ^{Aa}	630 ^{Ba}	692 ^{Aa}	740 ^{Ba}	724 ^A	258
	70	1032 ^{Aa}	864 ^{Aa}	727 ^{Aa}	883 ^{Ba}	876 ^A	258
	84	1583 ^{Aa}	1303 ^{Aa}	853 ^{Aa}	1200 ^{Aa}	1234 ^A	258

* Médias nas colunas seguidas de mesma letra maiúscula e nas linhas seguidas de mesma letra minúscula dentro da mesma fração, não diferem entre si pelo teste de Tukey com nível de 10% de significância.

Os autores concluíram que apesar do capim-Marandu acumular maiores quantidades de massa seca total nas idades mais avançadas (56 dias), não revelaram melhor valor nutritivo em termos de proteína bruta e digestibilidade, em função da diminuição na proporção de folhas e aumentos das proporções de haste e material morto.

De acordo com Pinto et al, (1994), no estágio vegetativo, o aumento no número de perfilhos é o processo dominante, mas, quando ocorre a passagem para o estágio reprodutivo, o surgimento de novos perfilho cessa, e o aumento na massa seca da planta é alcançado apenas pelo crescimento dos perfilhos já existentes. Por essa ocasião, verifica-se o alongamento dos entrenós e a emergência das inflorescências. Segundo Da Silva & Corsi (2003), a produção de forragem é regida pela disponibilidade de luz e área foliar e, quando limitações de luminosidade ocorrem, as plantas lançam mão de um segundo estágio de rebrotação, o alongamento de hastes, responsável pelo sombreamento e senescência das folhas basais. Morfologicamente, com o avanço do desenvolvimento da planta forrageira, a proporção de folhas diminui progressivamente, à medida que se identifica o processo de alongamento da haste, resultando gradativamente na redução da relação folha/haste, o que pôde ser observado no presente estudo (Tabela 7).

A relação folha/haste é de grande importância para a nutrição animal e para o manejo da pastagem. Alta proporção de folhas está normalmente associada com forragem de elevado teor de proteína, alta digestibilidade e alto consumo (Wilson & t'Mannetje, 1978; Wilson & Minson, 1980; Wilson, 1982; Pinto et al., 1994) e confere à gramínea melhor adaptação ao pastejo ou tolerância ao corte, por representar um momento de desenvolvimento fenológico em que os meristemas apicais apresentam-se mais próximos do solo e, portanto, menos vulneráveis a decapitação (Pinto et al., 1994). Em média, houve aumento na produção de haste e material morto e estabilização na produção de folhas até os 42 dias (Tabela 7) em todos os cultivares do presente estudo, o que sugere ser esse o momento mais propício para realização do corte, que conciliaria maior produção de forragem, melhor valor nutritivo e vigor de rebrota de fevereiro a primeira quinzena de abril.

No presente estudo, a estabilização na produção de folhas e o aumento da participação de haste e material morto na massa de forragem possivelmente foram resultado do aumento da competição por luz no interior do dossel e de alterações morfofisiológicas para o florescimento, o que pode ser evidenciado pela queda no IAF de Arapoty e Capiporã (Figura 8 e 11). No entanto, para Marandu e Xaraés especula-se

que após atingir o IAF “teto”, o que possivelmente ocorreu aos 42 e 70 dias, respectivamente (Figura 9 e 10), um novo “arranjo” dos componentes estruturais do dossel, [possivelmente devido aos processos exacerbados de senescência e morte dos tecidos (Da Silva & Corsi, 2003)], proporcionou melhor distribuição de luz dentro do dossel, melhorando a eficiência fotossintética das folhas, permitindo desse modo aumento nos acúmulos de material verde. Ruggieri et al. (1994), ao avaliarem o IAF de *B. brizantha* em diferentes intervalos de corte, constataram que o IAF “teto” foi atingido ora aos 42 dias ora aos 56 dias de crescimento, dependendo do período avaliado.

Arapoty e Xaraés conciliaram maior produção de forragem com maior quantidade de folhas e menor quantidade de hastes aos 56 dias de crescimento. Marandu atingiu esse ponto aos 42 dias, embora, a quantidade de material morto tenha praticamente dobrado dos 42 aos 56 dias para todos os cultivares. Em diversos trabalhos (Euclides et al., 1993; Duble et al., 1971), principalmente com espécies forrageiras tropicais, onde há grande acúmulo sazonal de material morto, a produção animal é pouco correlacionada com a massa de forragem em oferta, mas sim com a quantidade de massa seca verde. Para Capiporã, não foi observado incremento na produção de forragem após 70 dias. No entanto, a partir dos 42 dias de crescimento, ocorreu grande aumento na massa de haste para este cultivar. A qualidade da forragem geralmente diminui com o avanço no estágio de desenvolvimento das plantas, uma vez que aumenta a proporção de hastes e material morto, componentes de reduzida digestibilidade e baixo consumo. Jones & Carabaly (1981) ressaltaram que o intervalo de corte para *B. brizantha* cv. Marandu que resultou em maior quantidade de folhas, menor quantidade de hastes e reduzida participação de material morto na forragem colhida foi de 40 dias no verão. Euclides et al. (2000) reportaram que a dieta selecionada por animais em pastagem de capim-Marandu apresentou maiores proporções de massa seca verde de folhas durante o período das águas e durante a seca. Os autores ressaltaram que o valor nutritivo da forragem geralmente tem grande influência na quantidade de forragem consumida pelos ruminantes, sendo o aumento da participação de haste e material morto responsável pela redução do consumo. Segundo os autores, provavelmente nessa situação, os animais teriam maiores dificuldades na seleção e apreensão da planta forrageira, o que pode ser

confirmado pelas correlações negativas entre o tempo de pastejo e a disponibilidade de massa seca verde e de folhas, pela relação material verde: material morto e pela correlação positiva com a porcentagem de material morto em seu trabalho.

Figura 8 – Massa de forragem e IAF do cultivar Arapoty durante o crescimento livre

Figura 9 - Massa de forragem e IAF do cultivar Marandu durante o crescimento livre

Figura 10 – Massa de forragem e IAF do cultivar Xaraés durante o crescimento livre

Figura 11 - Massa de forragem e IAF do cultivar Capiporã durante o crescimento livre

3.3.5 Altura e massa de forragem em crescimento livre

Todos os cultivares apresentaram altos coeficientes de correlação linear simples (r) entre o aumento na massa seca total e a altura do dossel (Tabela 8). Da Silva & Corsi (2003), reportam que a altura do dossel forrageiro apresenta boa correlação com o estágio fisiológico das plantas forrageiras, o que pôde ser evidenciado neste trabalho.

Tabela 8. Correlação entre altura e massa de forragem do dossel durante o crescimento livre de verão a rebrotação dos cultivares de *B. brizantha*

Cultivar	Dia	Massa seca	Altura	r	Folha : Haste + material morto
		kg ha ⁻¹	cm		
Arapoty	28	2149 ^B	24,4 (8,5)	0,88	1,8
	42	2161 ^B	36,8 (8,5)		1,5
	56	4235 ^A	48,0 (8,5)		1,6
	70	4120 ^A	52,2 (8,5)		1,0
	84	4566 ^A	66,7 (8,5)		0,7
Marandu	28	2148 ^D	22,1 (2,6)	0,89	1,2
	42	3406 ^C	32,9 (2,6)		0,9
	56	3197 ^C	44,2 (2,6)		0,5
	70	4908 ^B	47,0 (2,6)		0,4
	84	7015 ^A	56,2 (2,6)		0,3
Xaraés	28	2407 ^C	30,0 (3,6)	0,88	1,5
	42	2494 ^C	42,6 (3,6)		1,6
	56	3363 ^C	52,1 (3,6)		1,2
	70	4332 ^B	56,9 (3,6)		0,9
	84	5757 ^A	75,5 (3,6)		0,5
Capiporã	28	2099 ^C	32,3 (3,3)	0,83	1,9
	42	2627 ^C	45,0 (3,3)		1,8
	56	3907 ^B	49,3 (3,3)		1,4
	70	4789 ^A	54,1 (3,3)		1,1
	84	4677 ^A	68,7 (3,3)		0,9

* Médias nas colunas seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey com nível de 10% de significância. Valores entre parêntese referem-se ao erro padrão da média.

Euclides et al.(2000) ressaltaram que com o decréscimo na quantidade de massa seca verde e na relação massa verde: material morto, ocorreram correlações negativas entre o tempo de pastejo e essas variáveis. Segundo os autores, além da massa de forragem, outras características da pastagem podem tornar-se importantes uma vez que a seleção da dieta é função da preferência pelos diferentes componentes da planta. Essa seleção pode ser modificada à medida que as relações massa verde : material morto e folha : haste passem a influenciar a oportunidade de seleção. t'Mannetje & Eberson (1980) sugeriram que, nos trópicos, onde as gramíneas acumulam grandes quantidades de material morto, a relação entre a forragem ofertada e o consumo aplica-se apenas à fração verde do pasto, o que foi evidenciado por Euclides et al. (2000) ao estudarem o consumo voluntário de *B. decumbens* cv. Basilisk e *B. brizantha* cv. Marandu sob pastejo. Nesse trabalho os autores concluíram que o consumo voluntário e o desempenho animal foram positivamente correlacionados com a disponibilidade de massa seca verde e com a relação massa verde : material morto nas duas espécies.

Da Silva & Corsi (2003) alertaram para independência dos processos de crescimento e senescência dos tecidos, ressaltando que o acúmulo de forragem poderia ser reduzido a partir do seu máximo, caso condições extremas de estrutura do dossel forrageiro fossem mantidas de forma a gerar níveis elevados de senescência. Segundo Ruggieri et al., (1995) com relação às diferentes frações da planta, as folhas geralmente apresentam maiores valores de proteína bruta e digestibilidade “in vitro” da matéria seca que hastes e material morto. Desse modo, como esse trabalho é um estudo pioneiro dos cultivares de *B. brizantha*, procurou-se correlacionar a altura do dossel forrageiro com a relação folha : haste + material morto (MF : Mh+Mm), visto que os dois últimos constituintes, componentes estruturais do pasto, tendem a limitar o consumo e ocasionar queda no desempenho, principalmente com o desenvolvimento da planta.

Os cultivares Arapoty e Capiporã apresentavam, até os 70 dias de crescimento, relações entre a massa de folhas : massa de haste + material morto acima de 1,0 no entanto, após 56 dias para Arapoty e 70 dias para Capiporã não foram observados aumentos significativos na produção de massa seca total (Tabela 8). Nessa idade, os dosséis apresentavam altura entre 45 e 55 cm respectivamente, indicando ser essa altura

de dossel aquele que sob corte, proporcionou maior acúmulo de forragem e com maior proporção de folhas. Para Xaraés e Marandu foi detectado aumento significativo na massa seco total até os 84 dias de crescimento no entanto, para o cultivar Xaraés, a partir dos 56 a quantidade de hastes e material morto ultrapassa a de folhas, nesse ponto o cultivar encontrava-se com altura entre 35 e 45 cm. Para Marandu esse fato ocorreu aos 42 dias de crescimento com altura variando de 35 a 40 cm (Tabela 8).

3.4 Conclusões

As maiores produções após nove cortes foram de Arapoty e Capiporã com 8380 e 7130 kg MS ha⁻¹ respectivamente, seguidos de Xaraés e Marandu, com 6210 e 5860 kg MS ha⁻¹ respectivamente. Mesmo sob irrigação e altos níveis de adubação nitrogenada (750 kg N ha⁻¹ ano⁻¹), limitações de temperatura e fotoperíodo determinaram o padrão estacional de produção de forragem.

Os novos cultivares de *B. brizantha* possuem características morfológicas e fenológicas distintas. Deste modo, quanto ao início do desenvolvimento reprodutivo, pode-se classificá-los como: precoce (cv. Arapoty), médio (cv. Marandu) e tardios (Xaraés e Capiporã).

Após 84 dias de crescimento livre, os cultivares não diferiram quanto à produção de forragem sendo que, após os 56 dias de crescimento o aumento de massa foi oriundo principalmente do maior acúmulo de hastes e material morto.

O conhecimento e o estudo da fenologia e complementaridade dos novos cultivares são importantes para ajustar práticas de manejo e equacionar a utilização racional destes genótipos nas fazendas de produção animal baseado em pastagens. Os novos cultivares de *B. brizantha*, (Xaraés, Arapoty e Capiporã) são alternativas para o produtor ao monocultivo do capim-Marandu. No entanto, estudos devem ser conduzidos visando explorar as características morfológicas e fenológicas inerentes a cada genótipo, buscando acima de tudo, conhecer a ecofisiologia e entender os processos de

crescimento, desenvolvimento e senescência. Práticas de manejo que não respeitem estes processos, peculiares a cada cultivar, devem ser revistos e reavaliados. Somente deste modo, será possível traçar estratégias de que busquem aumentos na eficiência dos processos de produção e utilização de forragem .

4 MODELAGEM DE RESPOSTAS PRODUTIVAS DE CULTIVARES DE *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Resumo

Dentro dos processos de intensificação dos sistemas de produção animal em pastagens, o planejamento e controle da oferta de alimentos são mais um passo para que se consiga eficiência e minimização de riscos nos investimentos. A modelagem baseada em variáveis de ambiente (temperatura do ar, fotoperíodo e radiação solar) busca associar a “oferta ambiental” com a resposta produtiva das plantas forrageiras podendo, em alguns casos, direcionar o produtor para o melhor uso da terra, gerar informações sobre a viabilidade de sistemas de produção, além de servir como base para zoneamentos climáticos das diferentes espécies forrageiras. O objetivo desse trabalho foi modelar respostas produtivas de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf em resposta a variáveis de ambiente. Para isso foram realizados dois experimentos com delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 tratamentos (cultivares) e 4 repetições. No primeiro experimento com parcelas irrigadas, foi medido o acúmulo de forragem colhida a cada quatro semanas a 20 cm do nível do solo. No segundo experimento com parcelas em crescimento livre, o acúmulo de forragem foi medido aos 28, 42, 56, 70 e 84 de crescimento. No primeiro experimento, o fotoperíodo foi um forte determinante da taxa de acúmulo de forragem. As temperaturas mínimas (Tmin) e médias (Tmed) do ar tiveram menor influência e a insolação não foi significativa. Os valores de R^2 dos cultivares Arapoty e Marandu foram 0,64 e 0,59 para

Tmin e 0,50 e 0,41 para Tmed, respectivamente. Para os cultivares Capiporã e Xaraés, a influência da temperatura mínima e temperatura média na taxa de acúmulo de forragem foram mais pronunciadas, com R^2 de 0,83 e 0,74 para Tmin e 0,53 e 0,63 para Tmed respectivamente. A análise comparativa dos modelos completos e reduzidos revelou coincidência entre os modelos de Tmin, Tmed, GD (graus-dia) e UF (unidades fototérmicas) para um nível de significância de 5%. Para os modelos de fotoperíodo (Nm) a análise demonstrou que os modelos não são coincidentes, indicando que para essa variável, a utilização de um modelo específico para cada cultivar fornecerá melhores estimativas para a taxa de acúmulo de forragem. Em crescimento livre os modelos baseados em GD e UF mostram-se viáveis para estimativa do acúmulo de forragem, apresentando altos coeficientes de determinação. A análise comparativa desses modelos revelou que para as duas variáveis climáticas (GD e UF), os modelos específicos (completos) fornecerão melhores estimativas que os modelos genéricos (reduzidos). Os modelos desenvolvidos mostraram ser viáveis para estimar a produção de forragem dos cultivares nas condições do experimento (latitude e altitude).

MODELING FORAGE YIELD OF *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf AS A RESPONSE TO CLIMATIC VARIABLES

Summary

The intensification and technification of pasture-based animal production systems should ideally include aspects related to planning and monitoring the supply and demand of feed for ruminant livestock, thus increasing efficiency and reducing investment risks. Simulation models based on the use of environmental variables (temperature, daylength, and solar radiation) may be able to explain productive responses of forages and, in some cases, aid the producer in optimizing land use. In

addition, they can be used in assessing the viability of production system and system components, and to support the zoning and adaptation boundaries of forage species and cultivars. The objective of this study was to evaluate simple simulation models developed to predict productive responses of *Brachiaria brizantha* grasses in response to monitored environmental variables. Two experiments were carried out using a completely randomized experimental design with four treatments (grass cultivars) and four replications. In the first experiment, irrigated plots were harvested every four weeks at 20 cm and the accumulated forage was characterized in terms of mass and plant part composition. In the second experiment a single regrowth was monitored and both forage mass and plant part composition from these unharvested plots were characterized on days 28, 42, 56, 70, and 84 of regrowth. Daylength impacted herbage accumulation rates markedly, while the low and mean daily air temperatures affected that response to a lower degree. Solar radiation did not affect herbage accumulation rate. The R^2 -values of the prediction models for forage accumulation rates of Capiporã and Xaraés were 0.64 and 0.59 for the low-temperature (T_{min}) model, and 0.50 and 0.41 for the mean-temperature (T_{med}) model, respectively. On Capiporã and Xaraés, the impact of both T_{min} and T_{med} on the rates of forage accumulation was higher, with R^2 of 0.83 and 0.74 for T_{min} and 0.53 and 0.63 for T_{med} , respectively. Comparative analyses of both full and reduced models showed coincidence among the T_{min} , T_{med} , GDD (growing degree-days), and PU (photothermal units), at the 5% significance level. The daylength (N_m) models were not coincident, suggesting that cultivar-specific N_m models are stronger predictors of forage accumulation rate than a single reduced N_m model. The GDD and PU models built with data from the unharvested plots were found to be good predictors of forage accumulation. Analysis showed that for both independent variables, cultivar-specific (full) models give better estimates than the reduced models. The models studied were good predictors of forage yield under the conditions of the present study (latitude and altitude), especially those that included daylength.

4.1 Introdução

Nos últimos 10 anos, com a expansão da agricultura brasileira, terras anteriormente utilizadas como pastagens estão sendo tomadas por culturas como soja [*Glycine max* (L.) Merrill, milho (*Zea mays* L.) e algodão (*Gossypium hirsutum* L.)], devido principalmente ao maior investimento em tecnologia. A situação atual da pecuária brasileira, apesar dos avanços ocorridos nos últimos anos, reflete a necessidade de aumento de competitividade em relação aos sistemas produtores de grãos. Enquanto em 10 anos conseguiu-se dobrar a produtividade de áreas de lavouras, um crescimento vertical, a pecuária cresce horizontalmente, sendo em muitos casos considerada ainda uma atividade de abertura de fronteiras para a agricultura (Couto, 2001).

Apesar da menor intensificação dos sistemas de produção animal no Brasil, o país alcançou em 2003 o posto de maior exportador mundial de carne bovina “in natura” (IBGE, 2003) e, de acordo com a ABIECE (2004) (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne) e CONAB (2004) (Companhia Nacional de Abastecimento), as projeções de consumo indicam grandes aumentos da demanda per capita de produtos de origem animal, principalmente nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A globalização dos mercados consumidores e a crescente exigência dos órgãos ambientais pressionam o mercado interno para que se produza de maneira sustentável e, sobretudo, com eficiência.

A gestão dos sistemas pastoris defronta-se com a baixa capacidade de previsão e limitado controle da produtividade e dos estoques de forragem (Barioni et al., 2003). Dentro dos processos de intensificação dos sistemas de produção animal em pastagens, o planejamento e controle da oferta de alimentos são mais um passo para que se consiga eficiência e minimização de riscos nos investimentos. Nesse sentido, o uso de modelagem pode auxiliar o processo de tomada de decisão, uma vez que permite a simulação de vários cenários e estima a repercussão dos diferentes cursos de ação sobre os sistemas de produção (Medeiros, 2003). Os modelos desenvolvidos para previsão da produtividade das pastagens podem ser divididos em modelos de produtividade potencial, produtividade restrita, e produtividade reduzida. Os modelos de produtividade

potencial consideram fatores que definem as máximas taxas de crescimento (características genéticas, luz e temperatura), os modelos de produtividade restrita consideram também fatores limitantes como água e nutrientes e os modelos de produtividade reduzida consideram fatores como plantas invasoras, pragas e doenças (Barioni et al., 2003)

A modelagem baseada em variáveis de ambiente (temperatura do ar, fotoperíodo e radiação solar) busca associar a “oferta ambiental” com a resposta produtiva das plantas forrageiras podendo, em alguns casos, direcionar o produtor para o melhor uso da terra, gerar informações sobre a viabilidade de sistemas de produção, além de servir como base para zoneamentos climáticos das diferentes espécies forrageiras, direcionando recursos e racionalizando a produção animal em áreas com diferentes condições de ambiente. O desenvolvimento e utilização de técnicas e instrumentos para apoiar os processo de planejamento, monitoramento e controle em sistemas pastoris podem garantir a competitividade, lucratividade e sustentabilidade da pecuária nacional.

O presente trabalho teve como objetivo modelar respostas produtivas de cultivares de *Brachiaria brizantha* em resposta a variáveis de ambiente. Com base nos resultados, buscou-se identificar o fator ou fatores ambientais mais influentes no processo de acúmulo de forragem, permitindo assim, gerar equações para estimar a produção potencial de forragem no ambiente em estudo.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Modelagem das respostas produtivas usando dados de acúmulo de forragem em parcelas colhidas a cada quatro semanas

O trabalho foi desenvolvido na estação experimental da EMBRAPA CERRADOS (CPAC), em Planaltina – DF, localizada nas coordenadas geográficas aproximadas de 15° 35' S e 47° 42' O, e 1007 m de altitude. O período experimental foi de 08 de janeiro a 29 de outubro de 2003. Os pastos foram estabelecidos em 1999, em

piquetes de 1 hectare, e estavam sob pastejo por bovinos de sobreano, até que em dezembro de 2002 áreas de 16 x 8 m foram cercadas para evitar a entrada dos animais e estabelecer das unidades experimentais.

Após a homogeneização, realizada por meio de moto-segadora costal no nível do solo em 08/01/03, foi alocada uma “parcela” de 3,0 x 1,5 m em cada unidade experimental, que recebeu o equivalente a 150 kg P_2O_5 ha⁻¹ na forma de superfosfato simples e 75 kg ha⁻¹ de N e K₂O na forma de 20-00-20, permanecendo em crescimento livre até que o dossel atingisse altura superior a 20 cm, o que ocorreu em 06/02/2003 (dia zero). Nesse dia, a massa de forragem acima de 20 cm de altura foi cortada e desprezada, estabelecendo-se dessa maneira a altura do resíduo utilizado durante o período experimental. A partir dessa data, foram iniciadas as amostragens, realizadas em intervalos de cerca de quatro semanas (28 dias), e que se estenderam até 29 de outubro de 2003, totalizando nove cortes. Após cada corte foram aplicados o equivalente a 75 kg ha⁻¹ de N e K₂O na forma de 20-00-20. Para quantificar o acúmulo em cada corte, a parcela teve sua bordadura aparada (0,5 m) com auxílio de uma moto-segadora e a forragem contida em uma faixa de 2 x 0,5 m (área útil) foi colhida a 20 cm do nível do solo, pesada fresca e subamostrada. A subamostra de aproximadamente 350g, foi levada para secagem em estufa de circulação e renovação de ar, à temperatura de 65 °C até peso constate. O peso seco da subamostra foi extrapolado para amostra., determinando assim o acúmulo de forragem em cada rebrotação.

Para eliminar os efeitos da restrição hídrica à produção de forragem, foram realizadas irrigações semanais utilizando-se um pulverizador acoplado à tomada de potência do trator. Uma pistola de pulverização foi acoplada ao pulverizador, sendo calibrada para vazão de 920 L h⁻¹. A quantidade de água aplicada foi baseada na evapotranspiração potencial (Eto) (método de Pemman), estimada a partir de dados coletados na Estação Meteorológica Principal da Embrapa Cerrados. A reposição de água considerou uma eficiência de irrigação de 80% (Tabela 9).

Tabela 9. Evapotranspiração potencial (Eto), precipitação pluvial (ppt), balanço e reposição hídrica durante o período experimental. Planaltina - DF

Mês	Eto	pp	Balanço (ppt – Eto)	Reposição
mm				
jan	138,31	203,8	65,5	-
fev	143,82	137,8	-6,0	-
mar	122,59	178,9	56,3	0,0
abr	131,09	37,3	-93,8	117,2
mai	130,98	9,4	-121,6	152,0
jun	138,41	0	-138,4	173,0
jul	142,00	0	-142,0	177,5
ago	147,80	29,3	-118,5	148,1
set	161,60	18,4	-143,2	179,0
out	150,42	22,7	-127,7	159,7
nov	124,99	133,5	8,5	0,0
dez	163,15	163,7	0,6	-

As variáveis-resposta modeladas foram a taxa média diária de acúmulo de forragem (Taf), obtida dividindo-se a massa de forragem acumulada em cada rebrotação pelo número de dias de crescimento no respectivo período, e o acúmulo de forragem no período (AF), que correspondeu à quantidade total de forragem coletada no respectivo período de rebrotação.

4.2.2 Modelagem de respostas produtivas de parcelas em crescimento livre

Além da parcela colhida a cada quatro semanas, em cada unidade experimental foram também alocadas mais cinco parcelas de 3 x 1,5 m que foram utilizadas para caracterizar a massa de forragem aos 28, 42, 56, 70 e 84 dias de crescimento. Nessas parcelas, a massa de forragem foi medida sempre a 10 cm do nível do solo.

Após o corte de uniformização (a 10 cm do nível do solo) das áreas de exclusão (08/01/2003), foram sorteadas a idade de crescimento e amostragens para cada parcela. As amostragens foram realizadas nos dias 06/02, 19/02, 10/03, 25/03 e 08/04/2003 para 28, 42, 56, 70 e 84 dias de crescimento, respectivamente. Na data de amostragem a parcela escolhida teve sua bordadura aparada (0,5 m) e a forragem contida na faixa de 2 $\times$ 0,5 m colhida a 10 cm do nível do solo, pesada fresca e subamostrada. A subamostra, de aproximadamente 350 g, foi coletada e levada para secar em estufa de circulação e renovação de ar, a 65°C até peso constante. O peso seco da subamostra foi extrapolado para a amostra.

A variável-resposta modelada foi o acúmulo de forragem no período, que correspondeu à quantidade total de forragem produzida até cada data de amostragem.

4.2.3 Determinação da temperatura-base (Tb), graus-dia (GD) e unidades fototérmicas (UF) acumuladas no período

Equações de regressão linear simples (PROC REG – SAS, 1998) entre temperatura média do ar durante cada período de rebrotação e as taxas médias diárias de acúmulo de forragem foram utilizadas para gerar as temperaturas base (Tb), resolvendo a equação de regressão $y = a + bx$ para $y = 0$, onde y representa a taxa média diária de acúmulo de forragem e x a variável independente (Tmed). Em função das temperaturas-base calculadas para cada unidade experimental foram calculados os totais de graus-dia (GD) e as unidades fototérmicas (UF) correspondentes.

Para o cálculo do número de unidades fototérmicas (UF) acumuladas durante cada período de n dias de acúmulo de forragem foi utilizada a equação proposta por Villa Nova et.al. (1983):

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

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

O valor de $\overline{GD}$ foi calculado por uma das equações:

$$\overline{GD} = (\overline{T} - 15) - C \quad (\text{usada quando } \overline{Tm} \text{ é maior ou igual a } 15 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad (2)$$

$$\overline{GD} = \frac{(\overline{T_x} - 15)^2}{2(\overline{T_x} - \overline{Tm})} - C \quad (\text{usada quando } \overline{Tm} \text{ é menor que } 15 \text{ }^{\circ}\text{C}) \quad (3)$$

sendo, $\overline{GD}$ o grau-dia médio do período de n dias; $\overline{T_x}$ a média das temperaturas máximas do ar do período; $\overline{Tm}$ 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 $\overline{Tm}$ e C a correção de temperatura base superior (usada somente se $\overline{T}$ for maior que $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$), dada por:

$$C = \frac{(\overline{T_x} - 30)^2}{2(\overline{T_x} - \overline{Tm})} \quad (4)$$

Os valores de N (Nf ou Ni) para qualquer dia do ano foram ser obtidos a partir das equações:

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

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

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 (n° de ordem a partir de 01 de Janeiro).

Os modelos de acúmulo de forragem (AF) foram gerados utilizando como variáveis independentes os valores de GD e UF, referentes a um período (são medidas cumulativas) assim como o acúmulo total de forragem até aquele momento. Os modelos de Taf foram gerados utilizando como variáveis independentes a Tmed, Tmin, fotoperíodo médio e insolação que não são cumulativas. Em intervalos entre cortes rigorosamente iguais, o acúmulo total e as taxas de acúmulo são proporcionais. No presente estudo, ocorreram variações nos intervalos entre cortes, então, Tmed, Tmin, Nm e Ins foram analisadas em relação a taxa média de acúmulo de forragem.

Os dados foram analisados visando identificar a existência de efeitos lineares ou não lineares através do estudo dos resíduos das regressões. Se o verdadeiro relacionamento entre duas variáveis não é representado por uma reta, os resíduos dispõem-se como uma curva definida, evidenciando que o modelo não é linear. Desse modo, em função dos resultados, utilizou-se o PROC REG para gerar os modelos de Tmed, Tmin, Ins, fotoperíodo, GD e UF. Os modelos gerados foram comparados de forma independente pelo método do testes de coincidência (Seber, 1977).

Os dados foram analisados quanto à homogeneidade de variância e normalidade dos dados por meio do programa estatístico SAS, o que indicou a necessidade da transformação dos dados na forma de raiz quadrada para as variáveis dependentes Taf e AF.

As variáveis climáticas medidas na estação experimental da Embrapa Cerrados durante o ano experimental (Tabela 10) foram usados na parametrização e estudo dos modelos.

Tabela 10. Temperatura máxima, mínima, média, insolação e fotoperíodo durante o ano experimental. Planaltina – DF (2003)

Mês	tmax	tmin	tmed	Ins	fotoperíodo
	°C			MJ* m ⁻² dia ⁻¹	horas
Jan	27,83	19,12	22,45	19,17	12,82
Fev	29,03	18,06	22,74	21,34	12,49
Mar	27,78	18,27	21,74	16,98	12,08
Abr	28,53	17,98	22,44	18,10	11,63
Mai	27,04	15,11	20,58	17,42	11,27
Jun	27,54	13,74	20,48	18,11	11,08
Jul	26,76	13,10	19,64	17,89	11,16
Ago	28,96	15,30	21,63	18,15	11,46
Set	30,05	17,45	23,31	19,97	11,88
Out	29,83	17,81	23,36	18,25	12,31
Nov	28,46	18,39	22,34	17,15	12,71
Dez	29,28	18,87	23,36	21,37	12,91

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Temperatura-base

As temperaturas-base encontradas foram de 17,8 °C para Arapoty, 18,3 °C para Capiporã (Figura 9), 18,6 °C para Marandu e 19,0 °C para o cultivar Xaraés (Figura 12). É difícil isolar o efeito de uma variável climática sobre a produtividade de uma cultura em condições de campo devido à influência de outros fatores ambientais não controláveis o que gerou no presente estudo baixo valores de coeficiente de determinação para as equações de regressão linear utilizadas para determinar as temperaturas-base. Medeiros et al. (2002) estimaram temperatura-base de 13 °C e

Jacques (1994) de 10 °C para capim-elefante (*Penisetum purpureum* Schum.). Tonato (2003), estudando o efeito de variáveis climáticas em parâmetros produtivos e qualitativos de cinco cultivares de *Cynodon*, estimou temperaturas-base variando de 14,8 a 16,7 °C. Buxton et al. (1988) utilizaram 18,3 °C como temperatura-base para avaliar o efeito da temperatura, comprimento do dia e insolação na produtividade de *Cynodon dactylon* (L.). Arnold (1959) assinalou que existe discrepância entre a temperatura-base fisiológica e a estatisticamente obtida e que isso pode ocorrer devido à influência de alguns outros fatores ambientais como luz ou umidade, os quais influenciam a taxa de desenvolvimento e estariam correlacionados com a temperatura.

A temperatura-base é determinada geneticamente mas, apesar disso, as condições experimentais (irrigação, eliminação de meristemas, período e/ou época de avaliação, estágio fisiológico das plantas, tipo de solo, dentre outros) interferem na resposta produtiva das plantas, não sendo possível determinar um valor exato de temperatura-base em condição de campo.

Figura 12 – Temperatura base inferior, e correlação entre a taxa de acúmulo de forragem e temperatura média do ar dos cultivares de *B. brizantha*

4.3.2 Modelos de estimativa de taxa de acúmulo e acúmulo de forragem

Com base nos dados da taxa média diária de acúmulo de forragem (Taf) e acúmulo de forragem (AF) após cada período de rebrotação foram parametrizados modelos para a estimativa da taxa de acúmulo de forragem e do acúmulo de forragem em função das variáveis climáticas fotoperíodo, temperatura mínima, média, insolação, graus-dia e unidades fototérmicas. Foram gerados “modelos completos”, isto é, foram parametrizados modelos específicos para cada cultivar, e “modelos reduzidos”, que buscavam integrar em um só modelo a resposta produtiva de todos os cultivares com relação à variável ambiental em estudo.

4.3.2.1 Modelos completos

Dentre os modelos avaliados, as variáveis climáticas fotoperíodo (Nm), temperatura mínima (Tmin) e temperatura média (Tmed) foram significativas para a taxa de acúmulo de forragem ($P < 0,05$) para todos os cultivares. As variáveis graus-dia (GD) e unidade fototérmica (UF) foram significativas para o acúmulo de forragem de Arapoty, Capiporã e Xaraés ($P < 0,05$). Para o cultivar Marandu, a variável UF não foi significativa para o acúmulo de forragem ($P > 0,10$). A insolação (Ins) não foi significativa ($P > 0,10$) para a taxa de acúmulo de forragem para nenhum dos cultivares (Tabela 11).

Apesar de no presente estudo a variável insolação não ser significativa para o acúmulo de forragem, Burton et al. (1994), avaliando o efeito do fotoperíodo, insolação, temperatura mínima e graus-dia, concluíram ser a insolação o segundo fator mais influente ($P = 0,015$) na produção de forragem de *Cynodon dactylon* (L.), sendo o fotoperíodo a variável climática que mais afetou a resposta produtiva. Para Arapoty, Marandu e Capiporã as variáveis mais influentes na taxa de acúmulo de forragem foram fotoperíodo, temperatura mínima e temperatura média. Para Xaraés as mais influentes foram temperatura mínima, fotoperíodo e temperatura média.

Tabela 11. Modelos de fotoperíodo (Nm), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), Insolação solar (Ins), graus-dia (GD) e unidade fototérmica (UF) para cultivares de *B. brizantha*

Cultivar	V.D*	V.I	Coeficiente angular	Intercepto	Pr> F	R ²	CV
	RSQT						%
Arapoty	Taf	Nm	4,3919	-46,2883	0,0003	0,88	17,6
	Taf	Tmin	0,9513	-10,2964	0,0096	0,64	31,1
	Taf	Tmed	1,3058	-23,2499	0,0327	0,50	35,3
	Taf	Ins	0,02543	-6,0739	0,3618	0,12	38,6
	AF	GD	0,3146	-16,0769	0,0081	0,66	30,3
	AF	UF	0,0074	8,7429	0,0465	0,45	38,1
Marandu	Taf	Nm	4,4840	-48,528	0,0012	0,80	32,2
	Taf	Tmin	0,9803	-11,9231	0,0158	0,59	36,1
	Taf	Tmed	1,2655	-23,5316	0,0640	0,41	35,3
	Taf	Ins	0,0318	-10,0522	0,2791	0,16	40,1
	AF	GD	0,3483	-20,0241	0,0203	0,56	27,7
	AF	UF	0,0085	5,2987	0,1058	0,32	34,9
Capiporã	Taf	Nm	4,3143	-45,9226	0,0006	0,83	24,1
	Taf	Tmin	1,0994	-13,2339	0,0006	0,83	24,1
	Taf	Tmed	1,3635	-25,0414	0,0257	0,53	30,0
	Taf	Ins	0,0115	-0,4817	0,6903	0,02	38,2
	AF	GD	0,3601	-20,6910	0,0038	0,72	31,1
	AF	UF	0,0086	6,3881	0,0513	0,44	34,2
Xaraés	Taf	Nm	4,2281	-45,3389	0,0037	0,72	25,6
	Taf	Tmin	1,0924	-13,5456	0,0028	0,74	34,5
	Taf	Tmed	1,5550	-29,6268	0,0111	0,63	29,6
	Taf	Ins	0,0139	-1,9774	0,6454	0,03	36,8
	AF	GD	0,4083	-22,2820	0,0039	0,72	25,6
	AF	UF	0,0123	2,5949	0,0260	0,53	28,2

* V.D = Variável dependente; V.I = Variável Independente; RSQT = Raiz quadrada; CV = Coeficiente de variação

A maioria das espécies de plantas forrageiras tropicais floresce em dias curtos, ou seja, as plantas entram em floração se os dias são mais curtos que um certo número

crítico de horas luz (Buxton & Fales, 1994). A sensibilidade de muitas espécies a mudanças no comprimento do dia, da latitude ou estação do ano, tem efeito pronunciado na produção de forragem. Fatores ambientais e genéticos, operando conjuntamente por meio de processos fisiológicos, controlam o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A luz, especialmente considerando-se o fotoperíodo, corresponde a um dos principais aspectos da interação das plantas com seu ambiente, controlando o seu desenvolvimento por influenciar processos como a floração, germinação de sementes (crescimento de caules e folhas), formação de órgãos de reservas e partição de assimilados (Garner & Allard, 1920). O fotoperiodismo é, portanto, um dos mais marcantes mecanismos responsáveis pelas respostas estacionais das plantas. Desde os primeiros estudos desenvolvidos por Garner & Allard (1920), verificou-se que a relação entre fotoperíodo e taxa de crescimento apresentava uma correspondência inequívoca, sendo esta diretamente proporcional à duração diária de exposição à luz.

Os valores de R^2 dos cultivares Arapoty e Marandu foram 0,64 e 0,59 para T_{min} e 0,50 e 0,41 para T_{med} , respectivamente. Para os cultivares Capiporã e Xaraés, a influência da temperatura mínima e temperatura média na taxa de acúmulo de forragem foram mais pronunciadas, com R^2 de 0,83 e 0,74 para T_{min} e 0,53 e 0,63 para T_{med} , respectivamente. O baixo valor de R^2 para T_{med} possivelmente foi resultado do método de amostragem das unidades experimentais. Com a elevação da temperatura a partir de setembro, as parcelas irrigadas voltaram a crescer. No entanto, esse crescimento foi oriundo de pontos de crescimento localizados na base das touceiras (observações de campo). Desse modo, no momento da amostragem havia pouca forragem acima da altura de amostragem (20 cm) e mesmo com temperatura favorável para o crescimento a produção não foi amostrada, reduzido o coeficiente de determinação entre aumento da temperatura média e produção de forragem.

As variáveis T_{min} e T_{med} tiveram maior influência sobre a taxa de acúmulo de forragem nos cultivares tardios (Capiporã e Xaraés). A menor influência destas variáveis em Arapoty e Marandu, sugere ser o desenvolvimento desses cultivares influenciado em sua maior parte por alterações no comprimento do dia e, em menor escala, pela temperatura (Figura 11). Isso ficou evidente pelos padrões de florescimento. Para

Capiporã e Xaraés, os modelos de fotoperíodo e temperatura mínima tiveram valores de R^2 semelhantes, sugerindo efeito simultâneo de ambas as variáveis no desenvolvimento reprodutivo e nas taxas de acúmulo de forragem. O efeito do comprimento do dia varia amplamente entre as espécies e uma classificação fotoperiódica correta só pode ser feita quando o florescimento é examinado para uma amplitude de comprimentos do dia (Taiz & Zeiger, 2004).

Figura 13 – Época de florescimento, fotoperíodo e temperatura média durante o ano experimental

O comprimento do dia isoladamente constitui um sinal ambíguo, porque em condições de campo dificilmente se consegue distinguir entre este e outros fatores ambientais influentes. Certas espécies de plantas, como o trigo de inverno (*Triticum*

aestivum L.) por exemplo, não respondem ao fotoperíodo até que tenha ocorrido um período de baixa temperatura (conhecido como vernalização). Para Capiorã e Xaraés, isso parece ser mais evidente, e o florescimento só começa após a temperatura diminuir de maneira mais acentuada, o que ocorreu após o mês de Abril (Figura 11). Até então, somente a redução do número de horas de luz não teve efeito sobre o desenvolvimento reprodutivo, com a queda conjunta de fotoperíodo e temperatura, os cultivares iniciaram o período reprodutivo.

O modelo de UF apresentou baixo R^2 para todos os cultivares em estudo (Tabela 12). Como a UF é uma função exponencial, influenciada pelo fotoperíodo e conseqüentemente depende da capacidade da planta em interceptar luz, o intervalo entre cortes de quatro semanas pode não ter permitido acúmulo suficiente de área foliar para que a interceptação luminosa passasse a influenciar de maneira mais expressiva o acúmulo de forragem. Especula-se que após o corte os cultivares com reduzida área foliar, ficavam mais dependentes dos órgãos de reserva para rebrota, além do que, o desenvolvimento reprodutivo fazia com que grandes quantidades de meristemas fossem eliminados, interferindo na rebrota subsequente e diminuindo o acúmulo de forragem.

Hipoteticamente, o poder preditor do modelo de UF no acúmulo de forragem poderia ser maior para períodos de rebrotação mais longos ou em situações em que a área foliar assumisse papel mais importante no acúmulo de massa, como demonstrado por Villa Nova et al. (1999) ao modelar a produtividade de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) com intervalo entre cortes de 60 dias. Segundo os autores, a taxa de acúmulo de forragem em função da temperatura do ar e fotoperíodo depende do estágio de desenvolvimento das plantas, sendo que o crescimento das gramíneas geralmente apresenta uma curva assintótica. Villa Nova et al. (1999) ressaltaram que a resposta das plantas à temperatura do ar e ao fotoperíodo não é sempre a mesma durante o seu desenvolvimento e, portanto, a função que correlacione produção e unidade fototérmica não é linear. Isso pode ser evidenciado pelos modelos de crescimento livre (Tabela 13). Nesses modelos os coeficientes de determinação para os modelos de UF e GD foram altos, para todos os cultivares.

Para os modelos de GD, baseado na soma das temperaturas acima da temperatura base mínima, os melhores modelos foram os que se ajustaram para equações lineares, pois a variável GD não considera o efeito da luz na produção de forragem. Desse modo, para os modelos baseados em GD, espera-se que os aumentos de massa ocorram de forma linear à medida que ocorram aumentos de temperatura o que em uma comunidade de plantas forrageiras não acontece. Ao contrário, para UF que é uma função exponencial e considera o efeito da luz, os modelos se ajustaram melhor para equações quadráticas, evidenciando a influência da quantidade e qualidade da luz na produção de forragem. Com o auto-sombreamento e aumento da competição por luz, ocorre redução da fotossíntese líquida, gerando uma curva quadrática de crescimento devido ao balanço entre as taxas de fotossíntese bruta e taxas respiratórias (Da Silva & Corsi, 2003). Como a luz (quantidade e qualidade) é um fator decisivo na competição entre plantas (inter e intraespecífica), a produção de área foliar dentro de um determinado ecossistema vegetal em crescimento livre ocorre até um valor máximo (IAF “teto”), que é definido pela disponibilidade de luz incidente.

Tabela 12. Modelos de GD e UF para os cultivares de *brizantha* durante o crescimento livre

Cultivar	Coefficiente angular	Intercepto	uf ufsq*	Pr> F	R ²	CV %
GD						
			-			
Arapoty	0,0014	3,06	-	0,02	0,87	22
Marandu	0,0018	3,06	-	0,08	0,70	37
Capiporã	0,0018	2,98	-	0,008	0,93	29
Xaraés	0,0019	3,06	-	0,009	0,92	20
UF						
Arapoty	0,00007	3,07	-2,09E-9	0,01	0,98	22
Marandu	0,00001	3,33	-1,36E-9	0,08	0,73	37
Capiporã	0,00005	3,14	-9,64E-9	0,06	0,93	29
Xaraés	0,00005	3,23	-9,08E-9	0,07	0,93	20

*ufsq = Pâmetro quadrático; C.V. = Coeficiente de variação

4.3.2.2 Modelos reduzidos

Os modelos reduzidos podem ser considerados modelos genéricos, que buscam associar a média do acúmulo de forragem de todos os cultivares em um único modelo (Tabela 13). Com exceção do modelo de insolação, todos os modelos foram altamente significativos ($P < 0,001$) para o acúmulo a cada quatro semanas. Com relação à taxa de acúmulo de forragem o fotoperíodo foi a variável mais influente e em menor intensidade temperatura mínima e média porém, apresentaram baixos coeficientes de determinação. No acúmulo de forragem (MF) a variável GD foi mais influente que UF, porém ambos os modelos tiveram coeficientes de determinação baixos.

Tabela 13 Modelos de fotoperíodo (Nm), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), Insolação solar (Ins), graus-dia (GD) e unidade fototérmica (UF) para a taxa de acúmulo média e massa de forragem média dos cultivares

Modelo	V.D*	V.I	Coefficiente angular	Intercepto	Pr> F	R ²	CV
	RSQT						%
Reduzido	Taf	Nm	4,3545	-46,5195	0,0001	0,78	25,8
	Taf	Tmin	1,0309	-12,2497	0,0001	0,67	22,6
	Taf	Tmed	1,3724	-253624	0,0001	0,50	26,2
	Taf	Ins	0,0207	-4,6630	0,1142	0,07	45,1
	MF	GD	0,3367	-17,4828	0,0001	0,65	33,8
	MF	UF	0,0085	6,6959	0,0001	0,43	33,1

V.D = Variável dependente; V.I = Variável independente; CV = Coeficiente de variação

A análise comparativa dos modelos (Seber, 1977) completos e reduzidos (comparação entre os modelos de unidades climáticas semelhantes; e.g. modelo de Tmin completo x modelo de Tmin reduzido, não sendo realizado comparação entre os modelos de unidades climáticas distintas) revelou coincidência entre os modelos de Tmin, Tmed, GD e UF para um nível de significância de 5%. Desse modo, a utilização de modelos

genéricos (modelos reduzidos) baseados nessas variáveis climáticas fornecem estimativas semelhantes aos modelos específicos para cada cultivar (modelos completos) quanto à taxa de acúmulo de forragem. Para os modelos de fotoperíodo (Nm) a análise demonstrou que os modelos não são coincidentes, indicando que para essa variável, a utilização de um modelo específico para cada cultivar fornecerá melhores estimativas para a taxa de acúmulo de forragem.

Tanto os modelos completos quanto os reduzidos, identificam a influência marcante do fotoperíodo na resposta produtiva das gramíneas em estudo. Apesar de variações na época de florescimento terem influenciado a produção de forragem nos diferentes períodos de rebrotação, em média, todos os cultivares sofreram decréscimo no acúmulo de massa seca com a redução da “oferta ambiental”, mesmo sob irrigação e altos níveis de adubação.

No crescimento livre, os modelos reduzidos lineares para GD e UF não foram significativos ($P>0,10$). Os modelos quadráticos foram significativos ($P<0,01$), embora os ajustes (R^2) não tenham sido altos (Tabela 14).

Tabela 14. Modelos reduzidos de GD e UF para cultivares de *brizantha*

Modelo	Coefficiente angular	Intercepto	quadrático	Pr> F	R ²	CV %
GD	0,007	2,23	-1,25E-4	0,004	0,47	36
UF	0,00007	2,91	-3,51E-9	0,009	0,56	34

A análise comparativa desses modelos revelou que para as duas variáveis climáticas (GD e UF), os modelos específicos (completos) fornecerão melhores estimativas que os modelos genéricos (reduzidos) o que também evidenciado pelos maiores R^2 obtidos nos modelos completos.

4.4 Conclusões

O fotoperíodo foi um forte determinante da taxa de acúmulo de forragem dos cultivares. As temperaturas mínimas e médias do ar tiveram menor influência e a insolação não foi significativa.

Mesmo sob irrigação, as limitações climáticas não controláveis reduziram drasticamente o acúmulo de forragem depois de Abril. Nesse sentido, estudos sobre a viabilidade da irrigação de pastagens na região devem ser realizados, visto que, a reposição de água somente não permitiu diminuir significativamente a estacionalidade de produção *B. brizantha*, nem proporcionou aumento expressivo na produção de forragem.

As temperaturas-base encontradas mostram que existem grandes variações entre cultivares, espécies e condições experimentais (edafoclimáticas, tratamentos, etc), o que torna difícil estabelecer um valor exato de temperatura-base para condição de campo.

A análise comparativa dos modelos completos e reduzidos revelou coincidência entre os modelos de Tmin, Tmed, GD e UF para um nível de significância de 5%. Para os modelos de fotoperíodo (Nm) a análise demonstrou que os modelos não são coincidentes, indicando que para essa variável, a utilização de um modelo específico para cada cultivar fornecerá melhores estimativas para a taxa de acúmulo de forragem.

Os modelos desenvolvidos mostraram ser viáveis para estimar a produção de forragem dos cultivares nas condições do experimento (latitude e altitude), sendo o fotoperíodo a variável ambiental ou climática que mais se correlacionou com a taxa de acúmulo de forragem.

Nas condições de crescimento livre, os modelos baseados em graus-dia e unidades fototérmicas mostram-se viáveis para estimativa do acúmulo de forragem apresentando os melhores ajustes evidenciado pelos mais altos coeficientes de determinação. A análise comparativa desses modelos revelou que para as duas variáveis climáticas (GD e UF), os modelos específicos (completos) fornecerão melhores estimativas que os modelos genéricos (reduzidos).

5 CONCLUSÕES GERAIS

Não é difícil perceber a importância da introdução de novos cultivares de plantas forrageiras para a pecuária nacional. Desde a introdução da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em 1960 até o desenvolvimento e lançamento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em 1984 passaram-se 24 anos. Hoje 20 anos após o lançamento do capim-Marandu o binômio *Nelore* $\times$ *Brachiaria* configura-se como a força competitiva da pecuária nacional. A dificuldade de se encontrar espécies de plantas forrageiras com as características de rusticidade e produtividade do cultivar Marandu fez com que esse material se tornasse a principal espécie forrageira plantada no país.

O estudo de novos materiais com o conhecimento de seu potencial produtivo, resposta a aplicação de fertilizante, irrigação, resposta ao pastejo, resistência a pragas e doenças, resposta a fatores como luz e temperatura, dentre outros, fazem parte de uma série de avaliações que buscam o conhecimento da ecofisiologia dessas plantas e devem ser compreendidas e caracterizados em diferentes ecossistemas. Com os resultados experimentais apenas recomendações gerais podem ser feitas, as quais provavelmente vão exigir modificação a nível local. Somente a descrição dos sistemas de produção e a classificação dos mesmos é que se poderão definir as prioridades de pesquisa relevantes e os experimentos adequados

Pesquisa aplicada corresponde à pesquisa cujos resultados tem que ser aplicados na solução de um problema definido. No caso sobre a pesquisa animal-pastagem, os resultados têm que ser aplicados em fazendas de produção comercial. A pesquisa que contempla sistemas completos de produção teriam maior possibilidades de alcanças as prioridades e técnicas certas, conseguindo assim uma tecnologia bem mais adaptada à

prática do que uma que seguisse as linhas tradicionais de preferência pessoais. Quando um componente retorna a um sistema completo há o perigo de interações que mudam o efeito do componente. Nesse sentido, os modelos matemáticos são extremamente flexíveis e permitem o teste de fatores de produção em vários níveis, pela simples modificação dos valores do modelo. Os modelos de simulação podem ser usados para identificar os sistemas mais econômicos ou eficientes para testes em modelos físicos. Recomendações que se baseiam apenas nos resultados desses modelos devem ser feitas com cuidado e ser, realmente, validadas no campo.

O teste na fazenda é tão importante como em qualquer outro segmento da cadeia de pesquisa e desenvolvimento e deve, portanto, ser uma atividade desenvolvida pelo pesquisador em cooperação como o serviço de extensão. Este tipo de teste permitiria que os resultados fossem mais prontamente aceitos por outros produtores e em um nível de produção realista seria obtido para julgar o impacto da tecnologia em sistemas reais de produção. As informações necessárias devem estar em termos bioeconômicos e sociológicos, para que os sistemas de produção sejam classificados e, entendidas as restrições que os fazendeiros encontrem na adoção de tecnologias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, R.P. Tecnologia de produção de sementes do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 49-71.
- ARNOLD, C.V. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 74, p. 430-455, 1959.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. www.abiec.com.br. (03 de ago. 2004).
- BALSALOBRE, M.A.A.; SANTOS, P.M.; MAYA, F.L.A. et al. Pastagens irrigadas. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 20., Piracicaba, 2003. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 265-296.
- BARCELLOS, A. O., VILELA, L. Possibilidade de intensificação da atividade leiteira em decorrência da integração agricultura-pecuária In: SIMPÓSIO SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL. 1., Juiz de Fora, 1999. v.1. p.171 - 184

- BARIONI, L.G.; MARTHA Jr., G B.; RAMOS, A K. et al. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 20., Piracicaba, 2003. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 106-153.
- BERLATO, M.A.; STULI, V.R. Ecologia do milho. II. Determinação das temperaturas base dos sub-períodos, emergência-pendoamento e emergência-espigamento de três cultivares de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DO MILHO E SORGO, 11., Piracicaba, 1976. **Anais**. Piracicaba: ESALQ, 1976. p. 532-527.
- BERNARDO, E.R.A.; ROCHA, V.F.; PUGA, O. et al. Espécies de cigarrina-das-pastagens (Hemíptera : Cercopidea) no meio-norte do Mato Grosso. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p. 369-371, 2003.
- BLUMENTHAL, M.; HARRIS, C.A. Effects of photoperiod and temperature on shoot, root and rhizome growth in three *Lotus uliginosus* Schkuhr populations. **Annals of Botany**, v.81, p.55-59, 1998.
- BRIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. **Grass and Forage Science**, v. 38, p. 323-331, 1983.
- BURLISON, A.J.; HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. Sward canopy structure and the bite dimension and bite weight of grazing sheep. **Grass and Forage Science**, v.46, p.29-38, 1991.
- BURTON, G.W. Registration of Tifton 78 bermudagrass. **Crop Science**, v.28, n.2, p.187-188, Mar./Apr. 1988.

- BURTON, G.W.; HOOK, J.O.; BUTLER, J.L. et al. Effect of temperature daylength and solar radiation on production of Coastal bermudagrass. **Agonomy Journal**, v.80, p.557-560, 1988.
- BUXTON, T.R.; FALES, S.L. Plant enviroment and quality. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society. Agonomy, 1994. p. 155-199.
- CARVALHO, P.C.F. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1., Maringá, 1997. **Anais**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.25-52.
- CHACON, E.; STOBBS, T.H.; DALE, M.B. Influence of sward characteristics on grazing behaviour and growth of Hereford steers grazing tropical grass pasture. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 29, n. 1, p. 89-102, 1978.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. www.conab.gov.br. (03 de ago. 2004).
- COOPER, J.P.; TAINTON, N.M. Light and temperature requeriments for growth of tropical and temperate grasses. review article. **Herbage Abstracts**, v.38, p.167-176, 1968.
- CORSI, M.; NASCIMENTO Jr., D.N. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicados ao manejo de pastagens. In: PEIXOTO, A.M. (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ. 1994. p. 15-47.

- COUTO, M. T. Utilização da Informática e da automação no gerenciamento de rebanhos leiteiros: atualidades e perspectivas. In: MATTOS, W.R.S.S (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 327-329.
- Da SILVA, S.C. Condições edafo-climáticas para a produção de *Panicum* sp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 129-146.
- Da SILVA, S.C.; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., Piracicaba, 2003. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 155-185.
- Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 3., Jaboticabal, 1997. **Anais**. Jaboticabal: FUNEP, 1997. p. 1-62.
- Da SILVA, S.C.; SBRISSA, A, F. A planta forrageira no sistema de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., Piracicaba, 2001. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 71-87.
- DEMARCHI, J.J.A.A. Suplementação volumosa: cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., Piracicaba, 2001. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 233-255.
- DUBLE, R.L.; LANCASTER, J.A.; HOLT, E.C. Forage characteristics limiting animal performance on warm-season perennial grasses. **Agronomy Journal**, v. 63, p.795-798, 1971.
- EAGLE, C.F. Effect of photoperiod on vegetative growth in two natural population of *Dactylis glomerata* L. **Annals of Botany**, v. 35, p.75-86, 1971.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.D.C.; VIEIRA, A. et al. Evaluation of Panicum maximum cultivars under grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, Palmerston North, 1993. **Proceedings**. Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. p. 1999-2000.

EUCLIDES, V.P.B. **Alternativas para intensificação da produção de carne bovina em pastagem**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2000. 65p.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VIEIRA, A. et al. Evaluation of Panicum maximum cultivars under grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., Palmerston North, 1993. **Proceedings**. Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993a. p.1999-2000.

FAO. www.fao.org. (03 de ago. 2004).

GARNER, W.W.; ALLARD, H.A. Effect of relative length of day and night and others factors of the environment on growth and reproduction in plants. **Journal of Agricultural Research**, v.18, n.11, p.553-606, Mar. 1920.

GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T. et al. Avaliação de características agronômicas e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia aos 35 Dias de Crescimento nas Estações do Ano1. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p. 947-954, 2000

- GHISI, O.M.A.A.; PEDREIRA, J.V.S. Características agronômicas das principais *Brachiarias* sp. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, 1., Nova Odessa, 1986. **Anais.** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. p.19-58.
- GOMES, I. Estudos de unidades de calor em soja (*Glycine Max* (L.) Merrill). Piracicaba, 1977. 49 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; QUIROZ, D.S. et al. Fluxo de tecido em *Brachiaria decumbens*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., Juiz de Fora, 1997. **Anais.** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.117-119.
- GOMIDE, J.A. Formação e utilização de capineira de capim-elefante. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F. et al (Ed.). **Capim elefante: produção e utilização.** Coronel Pacheco: EMBRAPA,CNPGL, 1994. p.81-115.
- GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, D. S. Valor alimentício das *Brachiarias*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM , 11., Piracicaba, 1994. **Anais.** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 223-248.
- HAY, R.K.M. The influence of photoperiod on dry matter production of grasses and cereals. **New Phytologist**, v.116, p. 223-254, 1990.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice.** London: Longman Scientific and Technical, 1990. 203 p.
- HUMPHREYS, L. R. **Tropical pasture utilization.** New York: Cambridge University Press, 1991. 206 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. www.ibge.gov.br.
(03 de ago. 2004).

INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCE. **Tropical and subtropical forages**: report of working group. Rome: FAO, 1984. 29p.

IVORY, D.A.; WHITEMAN, P.C. Effect of temperature on growth of five subtropical grasses. I: Effect of day and night temperature on growth and morphological development. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.5, p. 131-148, 1978.

JACQUES, A.V.A. Características morfo-fisiológicas e suas implicações com o manejo. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIAER, D.F. et al. (Ed.). **Capim-elefante**: produção e utilização. Coronel Pacheco: EMBRAPA, CNPGC, 1994. p. 31-47.

JONES, C.A. **C₄ Grasses and cereals**: growth, development, and stress. New York: John Wiley, 1985. 419 p.

JONES, C.A.; CARABALY, A. Some characteristics of regrowth of 12 tropical greases. **Tropical Agriculture**, v.58, p.37-44, 1981.

LAMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro, 2001. **Proceedings**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.29-37.

LAVEZZO, W.; SILVEIRA, A. S.; GONÇALEZ, D. A. et al. Efeito da idade da planta ao primeiro corte sobre a produção, composição bromatológica e alguns aspectos morfológicos de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 9, n. 4, p. 656-672, 1980.

- LEITÃO FILHO, H.F. **Espécies do gênero *Brachiaria* Griseb nativas e exóticas cultivadas no Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, CATI, 1977. 27p. (Boletim Técnico, 97).
- LEITE, G.G.; EUCLIDES, V.P.B. Utilização de pastagens de *Brachiaria* sp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 267-287.
- LUPINACCI, A.V. Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a intensidade de pastejo por bovinos de corte. Piracicaba, 2002. 174p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. Brasília, 1995. **Anais**. Brasília: SBZ, 1995. p. 28-62.
- MARI, L.J. Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. Piracicaba, 2003. 159p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MEDEIROS, H.R de. Avaliação de modelos matemáticos desenvolvidos para auxiliar a tomada de decisão em sistemas de produção de ruminantes em pastagens. Piracicaba, 2003. 112 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- MEDEIROS, H.R. de; PEDREIRA, C.G.S.; VILLA NOVA, N.A. Temperatura base de gramíneas forrageiras estimada através do conceito de unidade fototérmica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife, 2002. **Anais**. Recife: SBZ, 2002. p.125-140.
- MILES, J. W.; VALLE, C. Germoplasma y mejoramiento genetico de plantas forrajeras tropicales In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE FORRAGICULTURA, Maringá, 1994. Maringá: UEL; SBZ, 1994. p. 119-139.
- MITCHELL, R.B.; MOORE, K.J.; MOSER, L.E. et al. Predicting developmental morphology in switchgrass and Big Bluestem. **Agronomy Journal**, v.89, p. 827-832, 1997.
- MURTAGH, G.J.; HALIGAN, E.A.; GREER, D.H. Components of growth and dark respiration of kikuiu (*Pennisetum clandestinum* Chiov) at various temperatures. **Annals of Botany**, v. 59, p. 149-157, 1987.
- NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM. 14., Piracicaba, 1997. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1997a. p. 213 – 251.
- NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13., Piracicaba, 1996. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1997b. p. 15-95.
- NABINGER, C.; MEDEIROS, R.B. Produção de sementes de *Panicum maximum* In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 59-128.

- NABINGER, C.; PONTES, L.S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In; MATTOS, W.R.S. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 755 – 771.
- NASCIMENTO Jr., D. Ecossistemas de pastagens cultivadas. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 15, 1998, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 271-296.
- NASCIMENTO Jr., D.; BARBOSA, R.A.; MARCELINO, K.R.A. et al. A produção animal em pastagens no Brasil: uso do conhecimento técnico e resultados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 20., Piracicaba, 2003. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 1-82.
- NELSON, C.J.; MOSER, L.E. Plant factors effecting forage quality. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 115-154.
- NUNES, S.F.; BOOK, A.; PENTEADO, M.I. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1984. 31 p. (Documentos, 21).
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; PEDROSO, A.F. Silagem de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 20., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 187-203.
- PEDREIRA, C.G.S.; NUSSIO, L.G.; DA SILVA, S.C. Condições edafo-climáticas para a produção de *Cynodon* sp. In SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., Piracicaba, 1998. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p 85-113.

- PEDREIRA, C.G.S.; MELLO, A.C. OTANI, L. O Processo de Produção de Forragem em Pastagens. In: A produção animal na visão dos brasileiros. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais**. Piracicaba: SBZ, 2001. p. 772 – 807.
- PEDREIRA, J.V.S. Crescimento estacional dos capins colônias *Panicum maximum* Jacq. Gordura *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, Jaraguá *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf e pangola de Taiwan A-24 *Digitaria pentzii* Stent. **Boletim da Indústria Animal**, v.30, n.1, 59-145, 1973)
- PEDREIRA, J.V.S. Crescimento estacional dos capins colônias (*Panicum maximum* Jacq.), gordura (*Melinia minutiflora* Pal de Beauv), Jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf) e pangola de Taiwan (A-24 *Digitaria pentzii* Stent). Piracicaba, 1972. 117 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- PEDREIRA, J.V.S.; MATTOS, H.B. Crescimento estacional de vinte e cinco espécies ou variedades de capins. **Boletim da Indústria Animal**, v. 38, n.2, p. 117-143, 1981.
- PEDRO Jr. , M.J.; ALCANTARA, P.B.; ROCHA, G.L. et al. **Aptidão climática pra plantas forrageiras no estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1990. 27 p. (Boletim técnico, 139).
- PEREIRA, A.V. Avanços no melhoramento genético de gramíneas forrageiras tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA 39., Recife, 2002. **Anais**. Recife: SBZ, 2002. p. 19-42.

- PEREIRA, J.P. Adubação de capins do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *BRACHIARIA*, 1., Nova Odessa, 1986. **Anais**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p.117-196.
- PINTO, H.S; SÁ, T.D.A Fluxo de energia e conversão na produção de forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGEM, 2., Jaboticabal, 1989. **Anais**. Jaboticabal: UNESP, 1989. p.1-30.
- POLLOCK, C.J. The response of plant to temperature change. **Journal of Agricultural Science**, v. 115, p. 1-5, 1990.
- REIS, R.A., ROSA, B. Suplementação Volumosa: conservação do excedente das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 18., Piracicaba, 2001. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 193-232.
- ROCHA, G. L. Ecosystems de Pastagens. Aspectos Dinâmicos. Piracicaba: FEALQ, 1991. 391 p.
- RODRIGUES, T.J.D.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. Adaptação de plantas forrageiras as condições adversas. In: SIMPÓSIO SOBRE O ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 2., Jaboticabal, 1993. **Anais**. Jaboticabal: UNESP, 1993. p. 17 – 61.
- ROLIM, F.A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 6., Piracicaba, 1980. **Anais**. Piracicaba, FEALQ, 1980. p. 39-81.
- RUGGIERI, A.C.; FAVORETTO, V.; MALHEIROS, E.B. Efeito de níveis de nitrogênio e regimes de corte na distribuição bromatológica e na digestibilidade “in vitro” da matéria seca da *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf cv. Marandu. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 2, p. 223-232, 1995.

SANTOS, P.M. Estudo de algumas características agronômicas de *Panicum maximum* (Jacq.) cvs. Tanzânia e Mombaça para estabelecer seu manejo: Piracicaba, 1997. 62p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1997.

SANTOS, P.M. Controle do desenvolvimento da haste do capim Tanzânia: um desafio. Piracicaba, 2002. 112 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SAS INSTITUTE. **User’s guide:** statistics. Release 6.03. Cary, 1988. 1028 p.

SEBER, G.A.S. **Linear regression analysis.** New York.: John Willey, 1977. 465p.

SCHULTZE-KRAFT, R. Recolección de plantas natives con potencial forrajero. In: SIMPOSIO SOBRE PLANTAS FORRAGEIRAS, Campo Grande, 1979. Anais Brasília: EMBRAPA/CENARGEN/BID, p.61-72 (DOCUMENTO 1)

SEIFFERT, N. F. **Gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria*.** Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1980. 83p. (EMBRAPA. CNPGC. Circular Técnica, 1)

SILVEIRA NETO, S.; MARCHINI, L.C.; ALVES, S.B. Pragas das pastagens. In: PEIXOTO, A.M. (Ed.). **Pastagens:** fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 819-835.

SINCLAIR, R.T.; MISLEVY, P.; RAY, J.D. Short photoperiod inhibits winter growth of subtropical grasses. **Plant**, v.213, p. 488-491, 2001.

- SOARES FILHO, C.V. Recomendações das espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes consições. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM. 11., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. p. 25-47.
- SOTO, H.A.H. Um modelo simples de estimativa de produção de forragem para Colonião (*Panicum maximum* Jacq.) e Pangola (*A-24 Digitaria pentzii* Stent) usando parâmetros climáticas. Piraciaba, 1981. 58p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, F.H.D. de. As sementes de espécies forrageiras do gênero *Brachiaria* no Brasil Central. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNETO BRACHIARIA, 2., Nova Odessa, 1991. **Anais**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1991. p. 137-185.
- SOUZA, M.A. Fenologia e morfologia reprodutiva de ecótipos de *Brachiaria* spp. Piracicaba, 1995. 85 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- STOBBS, T.H. Factors limiting the nutritional value of graze tropical pasture for beef and milk productin. **Tropical Grasslands**, v.9, n.2, p. 141-150, 1975.
- t’ MANNETJE, L., EBERSON, J. B. Relations between sward characteristics and animal production. **Tropical Grasslands**, v.14, p. 273-280, 1980.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed.Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TONATO, F. Determinação de parâmetros produtivos e qualitativos de *Cynodon* spp. em função de variáveis climáticas. Piracicaba, 2003. 82p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- VALLE, C.B. Recursos genéticos de forrageiras para tropicais. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE, 1., 2002. <http://www.conferencia.uncnet.br> (02 de set. 2002).
- VALLE, C.B.; MILES, J.W. Melhoramento de gramíneas do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 1-24.
- VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPOSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 17., Piracicaba, 2001. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 133-176.
- VALLE C.B.; EUCLIDES V.P.B.; MACEDO M.C.M. et al. Selecting new *Brachiaria* for Brazilian pastures (compact disc). In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro, 2001. **Proceedings**. Piracicaba: FEALQ, 2001.
- VALLE, C.B. do; SAVIDAN, Y.H.; JANK, L. et al. Introdução, avaliação e melhoramento de espécies do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL, 3., Campo Grande, 1986. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.227-246.
- VILELA, H.; BARBOSA, F.A; RODRIGUEZ, N. et al. Efeito da idade da planta sobre a produção e valor nutritivo de forragem de capim elefante Paraíso. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais**. Piracicaba: SBZ, 2001. p..201-202.

- VILLA NOVA, N.A.; CARRETEIRO, M.V.; SCARDUA, E. Um modelo de avaliação de crescimento em cana-de-açúcar (*Sccharum* sp) em termos de ação combinada de fotoperíodo e temperatura média do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., Campinas, 1983. **Anais.** Campinas: SBA, 1983. p.31-48.
- VILLA NOVA, N.A.; BARIONI, L.G.; PEDREIRA, C.G.S. et al. Modelo para previsão de produtividade do capim elefante em função da temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, n.1, p. 75-79, 1999.
- WHATLEY, J.M., **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EDUSP; EPU, 1982. 101 p.
- WILSON, J.R. Enviromental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J.B. (Ed.). **Nutritional limits to animal production from pasture**. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal , 1982. p. 111-131.
- WILSON, J.R.; MANNETJE, L. Senescence, digestibility and carbohydrate content of buffel grass and green panic leaves in swards. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 29, p. 503-516, 1978
- WILSON, J.R.; MINSON, D.J. Prospects for improving the digestibility and intake of tropical grasses. **Tropical Grasslands**, v.14, n.3, p. 253-259, 1980.
- YOKOYAMA, L.P.; KLUTHCOUSKI, J.; OLIVEITA, T.P. et al. **Sistema Barreirão: análise de custo/benefício e necessidade de máquinas e implementos agrícolas**. Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1995. 31p. (EMBRAPA.CNPAF. Documento, 56)