

JULIANA FERRAZ HUBACK RODRIGUES

**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS
DO *Panicum maximum* Jacq cv. MILÊNIO SOB
ADUBAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R696c
2006

Rodrigues, Juliana Ferraz Huback, 1980-
Características morfogênicas e estruturais do
Panicum maximum Jacq cv. milênio sob adubação
/ Juliana Ferraz Huback Rodrigues. – Viçosa, MG, 2006.
xviii, 48f. : il. ; 29cm.

Orientador: Dilermando Miranda Fonseca.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 41-48.

1. *Panicum maximum* - Adubo e fertilizantes.
 2. *Panicum maximum* - Morfogênese.
 3. *Panicum maximum* - Anatomia. 4. Plantas forrageiras.
- I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 633.27

JULIANA FERRAZ HUBACK RODRIGUES

**CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS
DO *Panicum maximum* Jacq cv. MILÊNIO SOB
ADUBAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de fevereiro de 2006.

Prof. Reinaldo Bertola Cantarutti
(Co-orientador)

Prof. Augusto César de Queiróz

Prof. Odilon Gomes Pereira

Prof. Domício Nascimento Júnior

Prof. Dilermando Miranda Fonseca
(Orientador)

“Tenha fortaleza de ânimo para resistir a todos os embates e tempestades do caminho. Não se iluda: mesmo a estrada do bem está cheia de tropeços e dificuldades...Continue, porém! Não dê ouvidos às pedras colocadas pela inveja, pelo ciúme, pela intriga... Marche de cabeça erguida, confiantemente, e vencerá todos os obstáculos da caminhada. E, se for ferido, lembre-se de que as cicatrizes serão luzes que marcarão a sua vitória”

Por Carlos Torres Pastorino

DEDICO:

À minha amada família, meu porto seguro:

minha mãe Maria Aparecida,

meu vovô Osório Ferraz,

minha vovó Maria Alvacyr,

minha dinda Alva,

e ao meu irmão Fernando,

pelo amor, força, apoio, incentivo
incondicional em todas as fases de
minha vida.

OFEREÇO:

Aos meus amigos “anjinhos da guarda”

Maykel Franklin (Acreano),

Jucilene Cavali (Loirinha),

Marlos Porto (Jaquinha),

e Igor Assis (José Igor),

pelo apoio, incentivo e amizade.

AGRADECIMENTOS

À Deus por conceder e conservar minha vida, saúde e inteligência, por me iluminar e fortalecer na fé, por atender minhas orações e me proteger nessa caminhada, concedendo a oportunidade única de viver melhor a cada dia evitando os erros do dia anterior e valorizando as pessoas à minha volta que direta ou indiretamente ajudaram em minha jornada e me impulsionaram chegar até aqui.

À minha família que foram as primeiras pessoas a acreditarem em mim, que sempre me colocaram em primeiro lugar, dedicando anos de investimentos em meus estudos, que aprenderam conviver com a distância e saudade, que apoiaram minha escolha e que nos momentos de tristeza me incentivavam à continuar que Deus iria me ajudar. Saibam que sem vocês eu poderia sequer ter tentado e que mesmo nos momentos mais solitários eu sabia que vocês estavam do meu lado!!!

Ao meu orientador, Professor Dilermando Miranda da Fonseca, pela orientação, atenção, paciência, sobretudo confiança e apoio que muito me ajudaram no término desse trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, pela qualidade de ensino superior, por minha formação profissional e pessoal e por ter me proporcionado experiências ímpares, nesses 7 anos, para sempre serão lembradas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos durante os 2 anos de curso de mestrado.

Aos meus conselheiros, Professores José Ivo Ribeiro Júnior e Reinaldo Bertola Cantarutti, por terem sido mais do que conselheiros, pelas contribuições e pelo incentivo à realização deste trabalho.

Ao Professor Odilon Gomes Pereira, pela amizade, apoio e suporte constante nesta etapa acadêmica.

Ao Professor Francisco Antônio Monteiro pela disposição em ajudar, sanando algumas de minhas dúvidas, pelas correções e sugestões dadas ao projeto para aprimoramento desse estudo e sobretudo pelo carinho, atenção e incentivo transmitidos por seus emails.

Aos professores membros da banca examinadora Reinaldo Bertola Cantarutti, Odilon Gomes Pereira, Augusto César de Queiróz e Domicio do Nascimento Júnior pelas contribuições para conclusão deste trabalho.

Ao professor Edenio Detmann pela amizade, pela disposição, paciência e apoio ao colaborar nas brilhantes análises estatísticas multivariadas.

À todos os professores da Universidade Federal de Viçosa, em especial aos professores do Departamento de Zootecnia, que durante as disciplinas cursadas ou apenas com o convívio diário tanto me ensinaram durante a graduação e o curso de mestrado.

Aos funcionários do Laboratório de Forragicultura e da Agrostologia, Raimundo, Vilmar e Egídio, e principalmente ao Nicolau, pela grande cooperação e amizade durante a realização deste trabalho.

Ao G6 (Maykel, Loira, Jaca, Gustavo e Piauí) por todos os momentos felizes, pelos banhos de cachoeira, pelas festas de fim de semana, pelos almoços de domingo, pelos churrascos, modas de viola e pelas cervejas compartilhadas. Nunca imaginei que seria no lugar mais isolado em que eu já estive que eu encontraria a sensação de nunca estar sozinha. Vocês estão pra sempre no meu coração!!!

À Tia Rita e tio Eduardo, Luana, Renatinha e Marcus por terem me recebido e acolhido, com tanto respeito e carinho, como membro de sua família. A companhia de vocês encheu minha vida de estímulo e alegria tornando momentos difíceis superáveis. Eu certamente recebi lições para toda vida de cada um de vocês.

Aos amigos Maykel, Loira, Jaquinha e Luana, vocês fazem parte da minha família e são os amigos que escolhi como família, uma família que se ajudará em qualquer lugar do mundo. São meu maior tesouro, um tesouro que posso carregar comigo sempre, não importa o quanto nômade seja minha caminhada.

Ao Rodrigo Fortes, pelo companheirismo, paciência, compreensão, pela ajuda e presença nessa trajetória da minha vida, incentivando e valorizando cada ato de esforço e conquista, para tornar possível a conclusão desse estudo.

Aos amigos estagiários (Ivanna Moraes, Marcela Magalhães, Igor de Assis, João Paulo Rigueria, Tiago Barreto Garcez, Manoel Eduardo Rozalino, Leandro Valente, Dawson José) vocês estiveram presentes todos os dias do meu trabalho de campo, tornando possível todas as avaliações. Tenho orgulho por ter tido a meu lado uma verdadeira equipe de trabalho, cheia de garra, confiança e acima de tudo unida por um ideal. Obrigada por permitirem a realização desse trabalho!!!

Agradeço em especial:

Ao amigo Maykel Franklin Sales, pelo incentivo e apoio desde o início. Você acreditou em mim quando nem mesmo eu imaginava ser capaz.

À amiga Jucilene Cavali, pela amizade verdadeira traduzida em seus gestos. Você é a responsável pela concretização desse trabalho. Não existem palavras que possam traduzir minha admiração e gratidão a você. MUITÍSSIMO obrigada por não ter desistido de mim!!

Ao Marcos Jun Iti Yokoo, por ter entrado em meu caminho, agarrando uma causa que não era sua, me amparando e perdendo noites de sono, se dedicando a aprender, me ensinar e melhorar a discussão da estatística desse trabalho. O seu apoio me deu força e me tornou uma pessoa mais feliz por conseguir colocar o ponto final que faltava nessa etapa.

BIOGRAFIA

Juliana Ferraz Huback Rodrigues, filha de Maria Aparecida Ferraz Huback Rodrigues e Juvenal Pedro Huback Rodrigues, nasceu na cidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, em 26 de março de 1980.

Em 1998, concluiu o segundo grau na Escola Bretanha na cidade do Rio de Janeiro – RJ.

Em março de 1999, ingressou na Universidade Federal de Viçosa – UFV, onde em 2003, obteve o título de Zootecnista, colando grau em 1 de agosto de 2003.

Em março de 2004, iniciou o curso de Pós-graduação em Zootecnia, na área de Forragicultura e Pastagens, defendendo sua dissertação em 22 de fevereiro de 2006, também pela Universidade Federal de Viçosa.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas e Figuras.....	ix
Lista de Abreviaturas.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xi
1 - INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 - <i>Panicum maximum</i> Jacq.....	6
2.2- Capim-milênio (BRA 006998).....	8
2.3 – Características morfogênicas de plantas forrageiras.....	8
2.3.1 - Taxa de Aparecimento Foliar (TApF).....	9
2.3.2 - Taxa de Alongamento Foliar (TAIF).....	10
2.3.3 - Duração de Vida das Folhas (DVF)	11
2.4 - Características estruturais de plantas forrageiras.....	13
2.4.1 - Comprimento Final da lâmina Foliar (CFF).....	14
2.4.2 – Perfilhamento.....	14
2.4.3 - Número de Folhas Vivas por perfilho (NFV).....	15
2.5 - Influências do Nitrogênio, Fósforo e Potássio na morfogênese e produção de gramíneas forrageiras.....	16
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1- Características morfogênicas e estruturais do capim-milênio sob adubação	
4.2 - Produção do capim-milênio sob adubação.....	33
5 - CONCLUSÕES.....	40
6 - REFERÊNCIAS CITADAS.....	41

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 - Características químicas das amostras de solo.....	20
Tabela 2 - Autovalores obtidos pela matriz de correlação.....	25
Tabela 2 - Cargas fatoriais, comunalidade e porcentagem da variância discriminatória associadas aos fatores características morfogênicas, características estruturais e número de folhas vivas.....	26
Tabela 4 - Autovalores obtidos pela matriz de correlação.....	33
Tabela 5 - Cargas fatoriais, comunalidade e porcentagem da variância discriminatória associadas aos fatores produção forrageira, rendimento forrageiro e material senescente.....	34
Figura 1 - Equação de regressão ajustada entre escores fatoriais estimados para características morfogênicas em função das doses de nitrogênio para cada dose de potássio aplicada.....	27
Figura 2 - Equação de regressão ajustada entre escores fatoriais estimados para características estruturais em função das doses de nitrogênio para cada dose de potássio aplicada.....	30
Figura 3 - Equação de regressão ajustada entre escores fatoriais estimados para número de folhas vivas em função das doses de nitrogênio aplicada.....	32
Figura 4 - Equação de regressão ajustada, coeficiente de determinação e escores fatoriais estimados para o fator produção forrageira (fator 1).....	36
Figura 5 - Equação de regressão ajustada, coeficiente de determinação e escores fatoriais estimados para o fator material senescente (fator 3).....	38

LISTA DE ABREVIATURAS

- TApF** - Taxa de Aparecimento Foliar
FILO - Filocrono
TAIF - Taxa de Alongamento Foliar
TAIC - Taxa de Alongamento do Colmo
TSF - Taxa de Senescência Foliar
DVF - Duração de Vida das Folhas
CFF - Comprimento Final da lâmina Foliar
NPerf - Número de Perfilhos Totais
NFV - Número de Folhas Vivas por perfilho
RFC - Relação Folha:Colmo
pH - Potencial hidrogeniônico
SAS - Sistema para Análises Estatísticas
CM - Características Morfogênicas
CE - Características Estruturais
MSF - Matéria Seca da Folha
MSC - Matéria Seca do Colmo
MST - Matéria Seca Total
PA - Parte Aérea
PAMM - Parte Aérea mais Material Morto
PF - Produção Forrageira
CF - Crescimento Forrageiro
FSen - Forragem Senescente

RESUMO

RODRIGUES, Juliana Ferraz Huback, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2006. **Características morfológicas e estruturais do *Panicum maximum* jacq cv. Milênio sob adubação.** Orientador: Dilermando Miranda da Fonseca. Co-orientadores: Reinaldo Bertolla Cantarutti, José Ivo Ribeiro Júnior e Francisco Antônio Monteiro.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Zootecnia, sob luz e temperatura ambiente, no campus da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Avaliou-se o *P. maximum* cv. Milênio (BRA 006998) cultivado em vasos plásticos com orifícios para drenagem do excesso de água. Os tratamentos foram constituídos de um arranjo fatorial 4x4x4 correspondente a quatro doses de nitrogênio (N), quatro de fósforo (P) e quatro de potássio (K) no delineamento inteiramente ao acaso, com duas repetições. As doses dos nutrientes foram: 0, 80, 120 e 160 mg.dm⁻³ de N, na forma de uréia, 50, 100, 200 e 300 mg.dm⁻³ de P, na forma de superfosfato triplo, e de 0, 80, 120 e 160 mg dm⁻³ de K, na forma de cloreto de potássio. Para avaliações das características morfológicas e estruturais foram marcados três perfilhos por vaso, mensurados três vezes por semana. Através das medidas registradas foram estimadas as características morfológicas: TApF, FILO, TAIF, TAIC, TSF e estruturais: RFC, DVF, NFV, CFF e NPerf. Após total senescência da primeira folha completamente expandida, em duas plantas de cada unidade experimental cessaram-se as avaliações, efetuando-se o corte das plantas para estimativa da produção total de MS por vaso, produção de MSF e MSC. Após as avaliações, os resultados foram reduzidos às médias dos tratamentos, sendo analisados pela análise de fatores, adotando-se como critérios de seleção dos fatores, as

cargas fatoriais e a comunalidade. Com o objetivo de condensar as informações, contidas nas 23 variáveis originais estudadas, em um conjunto menor de fatores, com um mínimo de perda dessas informações, foram feitas duas análises de fatores. Uma, considerando dez características morfogênicas e estruturais e a segunda análise de fatores, avaliando as outras treze características de produção. As variáveis observadas foram agrupadas por meio de suas correlações e cada grupo de variáveis representa um fator. Depois de estimados os escores fatoriais foram feitas análises de superfície em função das combinações das doses de N, P e K. A análise fatorial pelo método dos componentes principais proporcionou redução de dez variáveis, relacionadas às características morfogênicas e estruturais do capim-milênio sob adubação, para três fatores com retenção de 79,07% da variação total dos dados e apenas 20,91% de perda de informação. O primeiro fator explicou 47,61% da variância total dos dados, correlacionando-se positivamente com as variáveis TApF (0,9114), TAIF (0,8907), TSF (0,8361), TAIC (0,7752) e negativamente com a variável FILO (-0,8851) e DVF (-0,8031). Em razão dos elevados coeficientes de correlação desses fatores convencionou-se denominá-los de características morfogênicas do capim-milênio (Fator CM). O segundo fator explicou 17,91% da variância total dos dados, apresentando correlação positiva com as variáveis NPerf (0,8954) e CFF (0,62155) e correlação negativa com a característica RFC (-0,7809) indicando que esse fator estaria associado às “Características Estruturais” dessa planta forrageira (Fator CE). O terceiro fator, denominado “Número de Folhas Vivas” (Fator NFV) do capim-milênio, explicou 13,54% da variância total dos dados e correlacionou-se exclusivamente de forma positiva com a característica NFV (0,8075). Os valores observados dos escores fatoriais das CM apresentaram tendência polinomial ($P < 0,01$) e a análise de variância revelou significância ($P < 0,01$) para as doses de N, K, bem como para a interação negativa entre as doses desses dois nutrientes aplicados. Não foi observado, para essas variáveis, efeito significativo do P. Os escores fatoriais estimados das CM apresentaram tendência linear crescente para as doses de N aplicadas e linear decrescente para as doses de K. Observou-se, no capim-milênio, resposta positiva das variáveis TApF, TAIF, TAIC e TSF (Fator CM) às doses de N. A DVF apresentou correlação negativa com as demais variáveis. O Fator CE variou significativamente ($P < 0,01$) com as doses de N e K, sendo a

interação entre os dois nutrientes não significativa ($P>0,01$). A equação de regressão polinomial apresentou ajuste ao modelo quadrático e linear crescente, em função das doses de N e K, respectivamente. Observou-se correlação negativa da variável RFC com as variáveis CFF e NPerf que compõem o Fator CE. O fator NFV foi influenciado significativamente ($P<0,01$) apenas pela adubação nitrogenada, ajustando-se ao modelo quadrático. Observou-se a partir da dose de 80 mg.dm^{-3} de N, aumento linear dos escores fatoriais estimados desse fator com o suprimento de N até a maior dose testada de 160 mg.dm^{-3} . Para as variáveis relacionadas à produção do capim-milênio sob adubação, a análise fatorial pelo método dos componentes principais, proporcionou a redução de treze variáveis para três fatores, com retenção de 95,12% da variação total dos dados e apenas 4,88% de perda de informação. Observou-se que o primeiro fator, denominado Fator “Produção Forrageira” (Fator PF) do capim-milênio, explicou 43,99% da variância total dos dados correlacionando-se positivamente com as variáveis: MSF (0,9859), MSC (0,9930), MST (0,8493), PA (0,9966), PAMM (0,9913) conforme demonstrado por suas cargas fatoriais. O segundo fator, denominado fator “Crescimento Forrageiro” (Fator CF) do capim-milênio, explicou 34,92% da variância total dos dados e apresentou alta correlação positiva com as variáveis % Folha (0,9502), % Colmo (0,8827), RPAR (0,9205) e correlação negativa com a MSR (-0,74482) e % Raiz (-0,9669). O terceiro fator denominado, fator “Forragem Senescente” (FSen) do capim-milênio, correlacionou-se de forma positiva com MSMM (0,9063) e % MM (0,8809) e de forma negativa com a variável RPAMM (-0,9095). Os valores observados dos escores fatoriais da PF apresentaram tendência polinomial ($P<0,01$) e a análise de variância revelou significância ($P<0,01$) para as doses de K aplicadas, apresentando os escores fatoriais estimados desse fator tendência quadrática para esse nutriente. As interações entre os nutrientes N e P, entre N e K e entre P e K foram significativas ($P<0,01$), apresentando os escores fatoriais estimados para PF do capim-milênio tendência linear crescente para as três interações, respectivamente. A análise de variância para o fator CF não apresentou significância ($P>0,01$) para nenhum dos três nutrientes (N, P e K) estudados. Os valores observados dos escores fatoriais da FSen apresentaram tendência polinomial ($P<0,01$) e a análise de variância do mesmo revelou significância ($P<0,01$) para as doses de N e K aplicadas. Os escores fatoriais estimados do

fator F_{Sen} apresentaram tendência quadrática, com ponto de máximo, para as doses de N aplicadas e tendência linear decrescente para as doses de K, sendo o maior escore fatorial estimado para esse fator observado na maior dose de N e menor de K .

ABSTRACT

RODRIGUES, Juliana Ferraz Huback, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa. February of 2006. **Morphogenetic and structural traits of *Panicum maximum* cv Jacq. Milênio under fertilization.** Adviser: Dilermando Miranda da Fonseca. Co-Advisers: Reinaldo Bertolla Cantarutti, José Ivo Ribeiro Júnior and Francisco Antônio Monteiro

The experiment was conducted in a greenhouse under natural light and temperature, at the Department of Animal Science, University of Viçosa, Minas Gerais. The growth of *P. maximum* cv. Milênio (BRA 006,998) was evaluated in plastic pots with holes for drainage of excess water. The treatments consisted of a factorial arrangement 4 x 4 x 4 corresponding to four doses of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) in the completely random design with two replications. The doses of nutrients were: 0, 80, 120 and 160 mg.dm⁻³ of N as urea, 50, 100, 200 and 300 mg.dm⁻³ of P in the form of triple superphosphate, and 0, 80, 120 and 160 mg dm⁻³ of K in the form of potassium chloride. The morphogenic and structural traits were evaluated by marking three tillers per pot, measuring three times a week. By these measures were estimated the morphogenic traits: TApF, Filo, TAIF, TAIC, TSF, as well as, the structural traits: RFC, DVF, NFV, CFF and NPerf. The measures were ceased after the total senescence of the first leaf fully expanded in two plants of each experimental unit, making the cutting of plants to estimate the total production of MS per pot, MSF and MSC. After the evaluation, the results were reduced to the average of treatments, and analyzed by factor analysis. Two factor analysis were made for the 23 original variables (traits), aiming to condense the information in a smaller set of factors, with a minimum loss of this information. The first analyze, we

considering ten morphogenetic and structural traits, and the second one, we analyzed the other thirteen production traits. The variables were grouped by their correlation and each group of variables was a factor. Response surface methodology was applied using factorial scores estimated to analyze the combinations of N, P and K. The factor analysis reduced the ten morphogenetic and structural traits for three factors, with retention of 79.07% of the total variation of data and only 20.91% loss for information of the total variables. The first factor explained 47.61% of the total variance of the data, correlating positively to the variables TApF (0.9114), TAIF (0.8907), TSF (0.8361), TAIC (0.7752) and negatively with variable Filo (-0.8851) and DVF (-0.8031). Because of the high correlation coefficients of these factors, it was conventionally called to the morphogenetic traits of the grass milênio (CM Factor). The second factor explained 17.91% of the total variance of the data, showing a positive correlation with the variables NPerf (0.8954) and CFF (0.62155), and negative correlation with the characteristic RFC (-0.7809) indicating that this factor is associated with the "structural traits" of this forage plant (Factor EC). The third factor, called "Number of Leaves Live" (Factor NFV) of grass milênio, explained 13.54% of the total variance of the data and it was correlated only with a positive characteristic NFV (0.8075). The observed values of the factorial scores of CM showed a polynomial tendency ($P < 0.01$) and the analysis of variance was significant ($P < 0.01$) for N, K, as well as, for the negative interaction between the doses of these two nutrients applied. It was not observed for these variables, significant effect of P. The factorial scores of CM had estimated linear trend to the increasing levels of nitrogen and applied to the linear decreasing doses of K. It was in grass-millennium, positive response of the variables TApF, TAIF, TAIC and TSF (Factor CM) at doses of N. The DVF showed negative correlation with other variables. The factor EC varied significantly ($P < 0.01$) with doses of N and K, and the interaction between the two nutrients was not significant ($P > 0.01$). The equation of polynomial regression showed adjustment to the linear and quadratic

effects, according to the rates of N and K, respectively. There was a negative correlation of variable RFC with the CFF and the NPerf variables, which integrated the Factor EC. The factor NFV was influenced significantly ($P < 0.01$) only by nitrogen fertilization, adjusting for the quadratic effect. It was observed from the dose of 80 mg.dm^{-3} N, linear increase in scores factorial estimated that factor with the supply of N to the highest dose tested of 160 mg.dm^{-3} . For the variables related to the production of grass milênio under fertilization, the factor analysis by the method of principal components, provided the reduction from thirteen variables to three factors, with retention of 95.12% of the total variation of data and only 4.88% loss of information. It was observed that the first factor, called Factor "forage production" (Factor PF) of grass milênio, explained 43.99% of the total variance of the data correlated positively with the variables: MSF (0.9859), MSC (0.9930), MST (0.8493), BP (0.9966), PAMM (0.9913) as demonstrated by their factor loading. The second factor, called factor "Growth forage" (Factor CF) of grass milênio, explained 34.92% of the total variance of the data showed high and positive correlation with the variables Leaf % (0.9502), Colmo % (0.8827), RPAR (0.9205) and negative correlation with MSR (-0.74482) and Root % (-0.9669). The third factor, called factor "Grass senescent" (FSen) of grass milênio, it was correlated with a positive MSMM (0.9063) and MM % (0.8809) and a negative impact on variable RPAMM (-0.9095). The observed values of the factorial scores of PF had a polynomial tendency ($P < 0.01$). This analysis showed significance ($P < 0.01$) for the doses of K provided in the solution, giving the factorial scores estimated quadratic trend for this factor for K nutrient. The interactions between the nutrients N and P, and between K and N, and between P and K were significant ($P < 0.01$), giving the factorial scores estimated for the grass milênio PF the linear growing inclination for the three interactions, respectively. The analysis of variance factor for the FA showed no significance ($P > 0.01$) for any of the three nutrients (N, P and K) studied. The observed values of the factorial scores of FSen a polynomial tendency ($P < 0.01$).

The analysis of variance showed the same significance ($P < 0.01$) for the doses of N and K. The factorial scores of the estimated factor FSen tended square, with point of maximum for levels of nitrogen, and linear trend for the decreasing levels of K, as well as, the greatest factor scores estimated in the largest dose of N and smaller of K.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil, além de ser detentor do maior rebanho comercial do mundo com 166 milhões de cabeças (Anualpec, 2006) destacando-se no cenário mundial como uma potência na produção de carne e leite, é um país com grandes áreas disponíveis para a prática da bovinocultura extensiva. Essa prática torna o produto brasileiro mais competitivo no mercado internacional devido ao seu menor custo de produção, bem como satisfaz a demanda crescente no mundo e, em especial, no continente europeu, por produtos oriundos de sistemas de produção que priorizam o uso de pastagens em substituição aos sistemas confinados. O território nacional tem área de 851 milhões de hectares, sendo 23% dessa área ocupada por pastagens (Faostat, 2004). De modo geral, se adequadamente manejadas e adubadas, as pastagens podem apresentar boa persistência e inclusive elevar o nível de produtividade, permanecendo sustentáveis por muitos anos (Zimmer & Correia, 1993; Fisher & Kerridge, 1996). Essa maior sustentabilidade se deve à estabilização dos agregados do solo, além da conservação e aumento dos teores de matéria orgânica do solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1999), promovendo adequada reciclagem dos recursos produtivos do ecossistema e reduzindo suas perdas potenciais.

A utilização de gramíneas de alto potencial produtivo, entre outros fatores, representa um meio de intensificar e otimizar a produção no sistema. Diversas cultivares da espécie *Panicum maximum* Jacq. vêm sendo utilizadas na exploração de bovinos devido ao seu alto potencial de produção de matéria seca, além da boa qualidade como alimento. O *P. maximum* cv. Milênio (capim-milênio BRA-006998, número ORSTOM K 249) foi colhido em Nairobi no Quênia, em 1967 (Savidan *et al.*, 1990) e vem sendo avaliado no Brasil, em

convênio entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (ORSTOM) para seu futuro lançamento.

Constata-se freqüentemente, insucesso na exploração da pecuária nacional não só pela escolha inadequada da espécie ou cultivar de planta forrageira e, ou, manejo do pastejo adotado mas, também, pela falta de uso de tecnologia apropriada, geralmente associada com o manejo inadequado do solo ou da planta (Penati *et al.*, 1999).

A maioria dos estudos em gramíneas tropicais são fundamentados em intervalos de descanso, taxa de lotação, raramente respeitando a fisiologia da planta e sem o devido controle das características estruturais do dossel. Para que se possa ter controle no manejo do pastejo, é necessário conhecer e compreender não apenas o processo de transformação da forragem em produto animal, mas, sobretudo, a dinâmica dos processos de crescimento e desenvolvimento das plantas que compõem uma pastagem e as respostas morfofisiológicas em função dos fatores interferentes (Nascimento Júnior *et al.*, 2003). Assim, torna-se essencial adequar o manejo do pastejo visando à sustentabilidade do sistema de produção com altas produtividades dos componentes planta e animal, respeitando os limites ecofisiológicos das plantas forrageiras.

O estudo da morfogênese, em pastagens, visa acompanhar a dinâmica de geração de folhas e perfilhos que constitui o produto básico de exploração de um pasto. Assim sendo, desenvolvimento, crescimento e senescência de folhas e perfilhos são os principais processos fisiológicos que determinam o fluxo de tecidos na planta e o estudo dessas características morfofisiológicas em gramíneas forrageiras é de fundamental importância para o estabelecimento de estratégias de manejo do pasto visando otimizar sua utilização.

Também, a fertilidade do solo exerce grande influência na produção dessas gramíneas e conseqüentemente na exploração animal onde as diversas modalidades de uso do solo obrigam a atividade pecuária a ser mais eficiente e competitiva. A baixa disponibilidade de nutrientes na maioria dos solos e a não utilização de corretivos e adubos na exploração da pastagem é seguramente

um dos principais fatores que interfere tanto no nível de produtividade como na qualidade da forrageira. Assim, a disponibilidade de nutrientes em adequadas quantidades e proporção, assume importância fundamental no processo produtivo da pastagem. O manejo da fertilidade do solo, a prática de adubação e o conhecimento das exigências nutricionais das plantas forrageiras são fatores de grande importância para a prática de manejo das pastagens, que refletem na produção e disponibilidade de alimento para os animais.

Dentre os fatores nutricionais envolvidos, nitrogênio, fósforo e potássio desempenham importante papel na produção e qualidade da forragem, pois causam maior impacto no desenvolvimento e produção de plantas forrageiras e conseqüentemente aumento nos índices zootécnicos como produção de carne e leite, sendo, portanto, um dos componentes do manejo da pastagem em sistemas de produção de bovinos.

O nitrogênio é nutriente essencial exigido pelas plantas em maior quantidade (Taiz & Zeiger, 1998), sendo componente integral de muitos compostos essenciais aos processos de crescimento vegetal como aminoácidos e proteínas, participa com quatro átomos na molécula de clorofila, é componente dos ácidos nucléicos que são indispensáveis não só na formação de tecidos vegetais, mas também nos núcleos celulares e protoplasma relacionados aos controles hereditários. É também, essencial para utilização de carboidratos no interior da planta, além de estimular o crescimento e o desenvolvimento de folhas, caules e raízes, promovendo uma maior absorção de outros nutrientes (Brady, 1989; Hopkins, 1995; Marschner, 1995; Nabinger, 1997; Taiz & Zeiger, 1998).

O fósforo está ligado à respiração vegetal, afetando o armazenamento, transporte e utilização de energia no processo fotossintético. Também, age na síntese de proteínas e no metabolismo de enzimas. Para gramíneas tropicais é um nutriente muito importante, principalmente na fase de estabelecimento da pastagem (Werner, 1986), influenciando, principalmente, o crescimento das raízes e o perfilhamento das plantas (Lobato et al., 1986; Werner, 1986). A redução no perfilhamento proporciona espaços livres na pastagem para o crescimento de plantas invasoras. Dessa forma, a deficiência de fósforo diminui a competitividade da forrageira com as plantas invasoras. Caso a deficiência não seja corrigida nesse ponto crítico, a linha de resistência da comunidade de

plantas forrageiras irá se situar abaixo da linha de resistência das invasoras, perdendo sua capacidade competitiva e sua abundância (Briske, 1996).

O potássio é, geralmente, o segundo nutriente acumulado em maior quantidade pelas culturas (Marschner, 1995; Taiz & Zeiger, 1998) e, em plantas forrageiras tropicais, pode ser o primeiro (Werner *et al.*, 1996) desempenhando funções no processo de regulação do potencial osmótico das células, ativando enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, participando na translocação de carboidratos, aumentando a resistência à salinidade, frio, seca e doenças e resistência ao acamamento das plantas (Epstein, 1975; Malavolta, 1980).

Assim sendo, o sucesso na utilização das pastagens depende não só da escolha da planta forrageira a ser utilizada, mas também da compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e sua interação com o ambiente.

Dessa forma, torna-se essencial que estudos de dinâmica de produção das gramíneas forrageiras por meio de avaliações de características morfogênicas influenciadas pela adubação sejam conduzidos a fim de gerar conhecimentos básicos para definição de estratégias eficientes de manejo.

Assim, foi proposto este trabalho com o objetivo de avaliar as características morfogênicas, estruturais e de produção do capim-milênio adubado com nitrogênio, fósforo e potássio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O estudo das características morfofisiológicas em gramíneas forrageiras é de fundamental importância para o estabelecimento de estratégias de manejo do pasto visando otimizar sua utilização. Para Hodgson (1990), os estudos de componentes do relvado, como o surgimento de perfilhos e folhas, podem auxiliar no entendimento das respostas da forrageira ao manejo de pastagem. Para plantas de clima tropical, o impacto da estratégia de manejo da pastagem nas suas características morfogenéticas ainda é pouco conhecido (Carvalho *et al.* 2000).

A rápida recuperação do dossel imediatamente após a desfolhação é considerada por Richards *et al.* (1988) como componente crítico na resposta da espécie forrageira ao pastejo. Hume (1991) considera a capacidade de perfilhamento como ponto chave para bom estabelecimento e permanência da forrageira na pastagem. Neste sentido, Ward & Blaser (1961) consideraram o perfilhamento de gramíneas forrageiras como a característica mais importante para o aumento de produtividade das mesmas.

As estimativas das taxas de crescimento, alongamento e senescência das folhas e da taxa de aparecimento de perfilhos podem ter várias aplicações no manejo e utilização das pastagens. Segundo Nabinger (1997), o conhecimento da duração de vida das folhas permite fazer uma aproximação do potencial de rendimento de forragem verde que a pastagem pode produzir, e também inferências na determinação da intensidade de pastejo em lotação contínua ou da frequência de pastejo no sistema rotativo.

2.1 - *Panicum maximum* Jacq.

As plantas do gênero *Panicum* pertencem à família *Gramineae*, tribo *Paniceae*, possui cerca de 81 gêneros e mais de 1.460 espécies. Encontram-se distribuídas em ampla faixa do globo terrestre, desde 400S até 500N de latitude, com predominância na zona equatorial úmida (200N a 200S), que corresponde à regiões como a África, Américas Central e do Sul, norte da Austrália, Índia, sudeste da Ásia e as Ilhas do Pacífico, numa altitude de até 2.000 m (Rocha, 1991).

A espécie *P. maximum* tem seu centro de origem na África Tropical, sendo encontradas formas nativas até à África do Sul, apresentando-se como espécie pioneira ocupando o solo recém-desmatado e em pastagens sob sombra de árvores; porém, é na região leste africana que se encontra o maior potencial de diversidade da espécie (Jank, 1995).

Segundo Chase (1944), a primeira cultivar da espécie introduzida no Brasil foi a Colonião, na época da escravidão, utilizada como camas nos navios. Assim, a espécie se estabelecia nas regiões onde os navios eram descarregados. Depois, o vento, os pássaros, os próprios escravos e outras pessoas se encarregavam, sem que fosse o propósito, de sua disseminação pelo país. Contudo, as informações sobre área ocupada e cultivada pela espécie no Brasil nem sempre são precisas. A espécie difundiu-se rapidamente pela região noroeste do estado de São Paulo, sendo um dos mais valiosos componentes para a manutenção dos rebanhos nas épocas de escassez de alimentos, representando, no final da década de 1970, 32% da área de pastagens neste estado. Chegou a ocupar área superior a seis milhões de hectares no Brasil e, provavelmente pela crescente degradação dessas pastagens, principalmente pela falta do manejo aliada à baixa reposição de nutrientes ao solo, essa área reduziu significativamente. Essa diminuição de área foi verificada após alguns ciclos de pastejo, evidenciando o decréscimo na produção de massa seca e persistência das plantas no sistema, com decréscimo na produção de carne e leite. (Zimmer e Euclides Filho, 1997). Portanto, a questão fundamental para uma nova expansão de área com *P. maximum* está fundamentada no conhecimento da exigência da planta

forrageira quanto aos atributos físicos e químicos do solo, os quais têm restringido a sua persistência em áreas de exploração mais tecnificadas (Aronovich, 1995).

O *P. maximum* sempre despertou muito interesse entre pesquisadores e produtores devido sua alta produtividade e ampla adaptabilidade às condições edáficas e climáticas brasileiras semelhantes às de seu centro de origem. A partir da década de 1960, vários acessos foram colhidos em diversos países e grandes coleções foram avaliadas (Jank, 1995). Por meio de convênio firmado em 1982 entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer (ORSTOM), o Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC) recebeu uma coleção de *P. maximum* composta por 426 acessos apomíticos e 417 plantas sexuais. Os objetivos dos pesquisadores do CNPGC era selecionar as melhores cultivares, visando lançamento direto aos produtores, descrever a variabilidade da coleção para utilização em programas de melhoramento genético e determinar os progenitores masculinos para, a partir de plantas sexuais, iniciarem um programa de melhoramento.

Com base nisso, um grande número de cultivares foi lançado como Tobiata, Tanzânia, Centenário, Mombaça, Vencedor, Massai, entre outros. Todas essas cultivares foram lançadas com a mesma recomendação de utilização do capim-colonião, a cultivar inicialmente introduzida e mais tradicional e conhecida da espécie. Contudo, existem diferenças morfológicas, fisiológicas e fenológicas entre cultivares que devem ser criteriosamente estudadas para determinação de combinações entre frequência e intensidade de pastejo específicas para cada planta forrageira.

2.2 - Capim-milênio (BRA 006998)

A cultivar Milênio foi identificada como BRA-006998, coletada em Nairobi no Quênia, em 1967 e foi avaliada no Brasil, Colômbia, Cuba e México (Savidan, 1990). Trata-se de uma planta cespitosa com altura de 1,65 m. As folhas são curvadas e sem cerosidade podendo apresentar largura média de até 3,5 cm. As lâminas apresentam uma densidade média de pêlos curtos e duros, apenas na face superior. As bainhas possuem muitos pêlos curtos e duros. Os colmos apresentam-se arroxeados. A inflorescência é do tipo panícula com ramificações primárias longas e secundárias longas apenas na base. As espiguetas são verdes, glabras e uniformemente distribuídas. O verticilo também é glabro. Em termos de produtividade foi a planta mais produtiva entre as analisadas da coleção recebida do ORSTOM. Sua produção chegou a 220,5 t. ha⁻¹. ano de matéria verde e 37,8 t. ha⁻¹.ano de matéria seca de folhas, com 9,7% dessa produção durante a seca. Em solos com baixo nível de fertilização pode produzir até 66% da produção obtida com uso de fertilizantes. Apresentou alta porcentagem de folhas, com 70,1% de folhas ao ano e 52,5% na seca. Os teores de proteína bruta nas folhas e colmos foram de 14,6% e 9%, respectivamente. A produção de sementes foi semelhante à do Colômbia (105 Kg. ha⁻¹. ano) e na mesma época deste. (Savidan, 1990).

2.3 - Características morfogênicas de plantas forrageiras

Num pasto em crescimento vegetativo no qual aparentemente apenas folhas são produzidas, pois ainda não há alongamento de colmo, a morfogênese pode ser descrita, segundo Chapman & Lemaire (1993), por três características básicas: taxa de aparecimento de folhas (TApF), taxa de alongamento de folhas (TAIF) e duração de vida da folha (DVF). Essas características são determinadas geneticamente, entretanto influenciadas pelas variáveis ambientais como luz, temperatura, umidade e outros (Lemaire & Chapman, 1996). A combinação dessas variáveis morfogênicas básicas determina as principais características estruturais das plantas, as quais são:

comprimento final da folha (CFF), densidade de perfilhos (DP) e número de folhas vivas por perfilho (NFV).

2.3.1 - Taxa de Aparecimento Foliar (TApF)

A taxa de aparecimento de folhas é definida como o número médio de folhas surgidas por perfilho em determinado período de tempo (folhas. dia⁻¹). De acordo com Chapman & Lemaire (1993), a taxa de aparecimento de folhas é a característica morfogênica que merece maior destaque, uma vez que influencia diretamente as três características estruturais do pasto: tamanho da folha, densidade populacional de perfilhos e número de folhas por perfilho.

Segundo Gomide & Gomide (1997) quatro tipos de folhas podem ser observadas durante o desenvolvimento dos perfilhos, classificadas como folhas emergentes, folhas em expansão envolvidas pelo pseudocolmo, folhas completamente expandidas e folhas senescentes.

Para Hunt (1965), a produção de folhas em gramíneas caracteriza-se pelo aparecimento de uma folha acima da bainha da folha mais nova do perfilho, após vários dias de crescimento ativo; a folha visível continua a se expandir com o tempo e alcança o seu tamanho máximo quando a lígula é exposta. Porém, antes da completa expansão da folha ser atingida, provavelmente uma ou duas novas folhas já apareceram.

A taxa de aparecimento foliar, segundo Grant *et. al.* (1981), é largamente influenciada por dois fatores, o primeiro é a taxa de alongamento foliar e o segundo, o comprimento do cartucho da bainha, o pseudocolmo, o qual determina a distância que a folha percorre para emergir.

A alta taxa de aparecimento de folhas é de extrema importância para a planta, uma vez que é a folha a principal responsável pela interceptação de luz. A taxa de aparecimento de folhas varia entre e dentro de espécies. Para plantas que se desenvolvem nas mesmas condições de umidade, fertilização, temperatura e radiação a taxa de aparecimento de folhas é considerada constante, porém é amplamente influenciada por mudanças estacionais. As flutuações estacionais são causadas não apenas pela temperatura, mas

também por mudanças na intensidade luminosa, fotoperíodo e disponibilidade de água e nutrientes no solo (Langer, 1963).

Diversos fatores afetam a taxa de aparecimento de folhas, dentre esses alguns aspectos intrínsecos da planta forrageira como espécie e, ou, cultivar (Grant *et al.*, 1988; Pinto *et al.*, 1994) e características morfológicas como nível de inserção de folhas (Skinner & Nelson, 1995). Já Van Esbroeck *et al.* (1997) deixaram claro que é a temperatura o fator que exerce maior influência, daí a opção por expressar a taxa de aparecimento de folhas em graus-dia. Além da temperatura, outros fatores de ambiente interferem, como a água, nutrientes (Lawlor, 1995) e a luz (Silsbury, 1970).

O potencial de perfilhamento de um genótipo é determinado pela sua taxa de emissão de folhas, pois a cada folha formada corresponde a geração de uma gema axilar. O intervalo de aparecimento de duas folhas consecutivas, o filocrono, pode também ser expresso pela soma calórica denominada graus-dia (Nabinger & Medeiros, 1995). Assim, o filocrono é definido como o intervalo de tempo (em horas, dias ou graus-dia) entre estádios de crescimento similares de folhas sucessivas num colmo (Wilhelm & McMaster, 1995). Para Skinner & Nelson (1994), o aumento do filocrono (dias. folha⁻¹) com a idade ocorre em razão do aumento do tempo necessário para a folha percorrer a distância entre o meristema apical e a extremidade do pseudocolmo formado pelas bainhas das folhas mais velhas.

O filocrono é influenciado pelos mesmos fatores que interferem na taxa de aparecimento de folhas. No entanto, Van Esbroeck *et al.* (1997) citaram que em *Panicum virgatum* (L.) o filocrono não foi afetado pelo déficit hídrico, tampouco, pela deficiência de nitrogênio.

2.3.2 - Taxa de Alongamento Foliar (TAIF)

A taxa de alongamento foliar, que é expressa em mm.dia⁻¹, é outra característica importante para o fluxo de tecidos das plantas. Segundo Skinner & Nelson (1995), a iniciação do crescimento da bainha ocorre simultaneamente com o início do desenvolvimento da próxima lâmina foliar. Durante os estádios

iniciais de desenvolvimento da folha, somente a lâmina foliar se desenvolve ativamente enquanto que o crescimento foliar que leva à emergência do ápice da lâmina é quase que exclusivamente devido ao alongamento da bainha (Schnyder *et al.*, 1999). Modificações na taxa de alongamento foliar ocorrem em função de duas características celulares: número de células produzidas por dia (divisão celular) e mudança no comprimento da célula (alongamento celular).

Segundo Cavalcante (2001), o alongamento foliar é um dos processos fisiológicos mais sensíveis ao déficit hídrico, pois a planta cessa o alongamento de folhas e raízes muito antes de os processos de fotossíntese e divisão de células serem afetados. Outros fatores que afetam a taxa de alongamento foliar é o teor de nutrientes no solo, principalmente o de nitrogênio e a frequência de cortes. O modelo de desenvolvimento da célula (divisão, alongamento e maturação celular) indica que a estimulação da taxa de alongamento foliar pelo N é atribuída, principalmente, ao aumento na produção de células (Volenc & Nelson, 1984), com pouco efeito no tamanho final da célula ou na taxa de alongamento da célula epidérmica (McAdam *et al.*, 1989). Trabalhando com adubação nitrogenada em Tall fescue, Volenc & Nelson (1983) observaram que alta disponibilidade de N aumentou em 90% o número de células epidérmicas expandidas por dia, resultando em aumento de 89% na taxa de alongamento foliar, devido à grande produção de células (divisão celular).

2.3.3 - Duração de Vida das Folhas (DVF)

A duração de vida das folhas, que determina o número máximo de folhas vivas por perfilho dá-se pelo intervalo de tempo no qual uma dada folha permanece verde, ou seja, do seu aparecimento até a senescência (Lemaire, 1997). As folhas de gramíneas são órgãos de crescimento de vida útil limitada, uma vez que ao atingirem seu tamanho final, permanecem no perfilho por certo período e depois morrem. O processo de senescência se inicia no ápice da folha, que é a parte mais velha, e se estende para a base (Langer, 1963). O progressivo amarelecimento e eventualmente escurecimento (cor

marrom) e a desidratação são os primeiros sinais visíveis de senescência. Nos estádios iniciais desse processo, parte dos constituintes celulares é mobilizada e redistribuída, mas a maioria é usada na própria respiração do órgão senescente (Hodgson, 1990). O tempo de vida das folhas é limitado, sendo determinado por características genéticas e influenciado por fatores de ambiente e de manejo (Hodgson et al., 1981).

A senescência é um processo natural para o qual existe uma programação genética da planta forrageira (Salisbury & Ross, 1992), ocorrendo vários fenômenos fisiológicos que determinam o processo de senescência (Hodgson, 1990). A partir desses fenômenos as folhas perdem clorofila, RNA, proteínas e inclusive enzimas (Salisbury & Ross, 1992), provocando mudança da coloração do tecido foliar para tons amarelados e, posteriormente, amarronzados e enegrecidos (Wilman & Mares Martin, 1977). Nos estádios iniciais, muitos dos compostos solúveis podem ser remobilizados para uso em outras partes da planta. No entanto, a maior parte deles acaba sendo utilizada para respiração da folha e de bactérias e fungos que vivem sobre seu limbo.

Uma vez iniciado o processo de senescência ou morte da folha, essa passa a perder massa progressivamente. Qualquer prática de manejo que resulte em redução da disponibilidade de fatores de crescimento, principalmente luz, pode ocasionar incremento no processo de senescência das folhas reduzindo, assim, sua longevidade (Hodgson *et al.*, 1981).

Existe sincronismo entre o aparecimento e a morte de folhas observado com mais facilidade em pastos mantidos em condições de equilíbrio, onde o número de folhas mantidas vivas em cada perfilho permanece constante após algum tempo (Lemaire & Chapman, 1996). Esse número é função da taxa de aparecimento e do tempo de vida de cada folha, ambas características morfogênicas. Depois de atingida a condição de equilíbrio em um dossel forrageiro, o número de folhas vivas por perfilho fica relativamente constante para plantas de uma mesma cultivar ou espécie (Gomide, 1997; Van Esbroeck *et al.*, 1997), que sofrem influência direta e indireta de fatores relacionados ao ambiente e às práticas de manejo utilizadas (Gomide, 1997).

2.4 - Características estruturais de plantas forrageiras

O comprimento final da lâmina foliar (CFF), número de perfilhos (NP) e o número de folhas por perfilho (NFV) são as características estruturais do relvado mais importantes de gramíneas no estágio vegetativo. No seu conjunto estas características determinam o índice de área foliar, primeiro fator determinante da interceptação de luz.

2.4.1 - Comprimento Final da lâmina Foliar (CFF)

É o produto da taxa de expansão foliar e a duração do período de alongamento para uma dada folha. As folhas por serem o principal componente fotossintetizante das plantas são fundamentais para a produção de fotoassimilados para sustentar a produção primária e constitui a fração de maior valor nutritivo para os herbívoros e, portanto, indispensável para a produção secundária.

2.4.2 – Perfilhamento

O perfilho é considerado a unidade básica de desenvolvimento das plantas forrageiras e constitui a estrutura sobre a qual a inflorescência irá se desenvolver (Nabinger & Medeiros, 1995). As gramíneas utilizam o perfilhamento como forma de crescimento, aumento de produtividade e, sobretudo, como forma de persistência das plantas na pastagem (Hodgson, 1990).

Uma planta forrageira é composta por um conjunto de perfilhos que, de acordo com Hodgson (1990), são definidos como as unidades modulares de crescimento de gramíneas forrageiras formadas por: (a) folhas completamente expandidas e fotossinteticamente ativas; (b) folhas em expansão que ainda não atingiram a sua capacidade fotossintética total; (c) folhas que ainda não emergiram e dependem dos fotoassimilados produzidos por folhas mais velhas para crescer; (d) folhas senescentes; (e) meristema apical; (f) gemas axilares;

e, dependendo do tipo de perfilho, (g) sistema radicular. Quando se considera a comunidade de plantas que compõem uma pastagem já estabelecida e submetida a corte ou pastejo, podem ser encontrados diferentes tipos de perfilhos, em diversas fases de desenvolvimento, caracterizando uma hierarquia de perfilhos, que foram classificados por Langer (1963) como: (a) perfilhos principais, aqueles que se originaram a partir da emergência das plântulas; (b) perfilhos primários, aqueles que se originaram a partir dos perfilhos principais; (c) perfilhos secundários, aqueles originados a partir dos primários; e assim sucessivamente. Com exceção da gema apical, os perfilhos aparecem na ordem natural da sucessão foliar determinada geneticamente, mas são as condições de ambiente, juntamente com a expressão genética da planta, que determinam qual gema será a primeira a iniciar seu desenvolvimento (Gomide, 1997).

Muitos fatores afetam o perfilhamento das plantas forrageiras. De acordo com Langer (1979), a produção de perfilhos é controlada pela disponibilidade de água, luz, temperatura e nutrientes, principalmente nitrogênio e, em menor escala, fósforo e potássio, além do estágio de desenvolvimento da planta (reprodutivo ou vegetativo).

Em espécies de gramíneas perenes encontram-se dois grupos de perfilhos: os basais, que se originam da base da planta e possuem seu próprio sistema radicular, e os perfilhos axilares que surgem a partir de nós superiores dos basais e não desenvolvem sistema radicular independente (Loch, 1993). Mozzer (1993), em capim-elefante, observou que as brotações dos perfilhos axilares correspondem a 70-80% do número total de perfilhos e são responsáveis por apenas cerca de 20% da produção de massa verde, ao passo que os 20-30% de perfilhos basais são os responsáveis por aproximadamente 80% da produção total de massa verde.

A densidade de perfilhos varia substancialmente entre gramíneas e geralmente começa a declinar antes do início da emissão das inflorescências. Esse declínio decorre da elevada taxa de mortalidade de perfilhos, até mesmo antes de completarem o desenvolvimento. Os perfilhos axilares são produzidos predominantemente durante a fase reprodutiva, sendo estimulados por alta disponibilidade de água e nitrogênio no solo (Nabinger & Medeiros, 1995). O

perfilhamento é influenciado ainda por vários fatores relacionados ao ambiente e ao manejo adotado. Assim, a nutrição mineral, manejo de cortes ou pastejo e fatores de ambiente, como luz, temperatura, fotoperíodo e disponibilidade hídrica têm grande influência no perfilhamento da planta (Oliveira, 1999).

A densidade populacional de perfilhos é influenciada basicamente pela taxa de aparecimento de folhas podendo, no entanto, ser alterada em condições de desfolhação pela variação na quantidade e qualidade da luz incidente que atinge o dossel de folhas remanescentes.

Santos *et al.* (2001), estudando características morfológicas e de perfilhamento em plantas de capim-elefante sob quatro alturas de corte em duas épocas do ano, concluíram que os cortes mais elevados resultaram em plantas mais altas independente da época do ano e tiveram proporções maiores de folhas e maior número de perfilhos aéreos. A época mais chuvosa ofereceu melhores condições ao perfilhamento das plantas e aumentou a relação folha/colmo. A desfolhação intensa durante o desenvolvimento vegetativo reduz a atividade de perfilhamento e o tamanho do perfilho (Detling & Painter, 1980).

2.4.3 - Número de Folhas Vivas por perfilho (NFV)

Esta característica é o produto entre o tempo de vida da folha e a taxa de alongamento foliar (Lemaire & Chapman, 1996), por isso qualquer mudança em uma destas duas características morfogênicas afetará o número de folhas vivas por perfilho.

O número de folhas vivas por perfilho, que é constante para cada espécie, constitui informação importante para definir o intervalo de corte quando se pretende minimizar as perdas por senescência e morte foliar, e portanto, orientar o manejo das forrageiras com vistas a maximizar a eficiência de colheita da forragem produzida (Fulkerson & Slack, 1994), sendo um critério prático para definição do momento de desfolhação, por corte e, ou, pastejo (Gomide, 1997).

2.5 - Influências do Nitrogênio, Fósforo e Potássio na morfogênese e produção de gramíneas forrageiras

O nitrogênio é essencial para as plantas, pois possui função estrutural em moléculas de aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas, vitaminas e pigmentos, faz parte de processos como absorção iônica, fotossíntese e respiração (Malavolta, 1980) sendo, portanto, responsável por características ligadas ao porte da planta como o comprimento das folhas e do colmo, aparecimento e desenvolvimento de perfilhos e crescimento de raízes (Werner 1986). É encontrado no protoplasma das células, combinado com outros nutrientes fundamentais, sob a forma de substâncias orgânicas nitrogenadas.

Esse nutriente é absorvido pelas plantas preferencialmente na forma de nitrato. No entanto, em condições de equilíbrio entre o nitrato e o amônio a absorção de amônio passa a ter maior expressão, pois a redução do nitrato a amônio para que o nitrogênio possa ser incorporado às cadeias carbônicas requer gasto de energia, dispêndio esse que não ocorre com a absorção do amônio. Uma vez absorvido pela planta na forma de nitrato, este é reduzido à forma amoniacal e combinado nas cadeias orgânicas da planta, formando glutamina e, a partir dela, os outros aminoácidos que são unidades básicas na formação de proteínas que participam nos processos metabólicos das plantas, tendo papel funcional e estrutural (Marschner, 1997).

Volenec & Nelson (1983) observaram que alta dose de nitrogênio aumentou em 90% o número de células epidérmicas expandidas por dia, resultando em incremento de 89% na taxa de alongamento foliar, devido à grande produção de células (divisão celular). Davidson & Milthorpe (1966) verificaram que a taxa de alongamento foliar da gramínea aumentou 60% com a aplicação de 270 kg. ha⁻¹ de N, em relação às folhas com baixo suprimento de nitrogênio.

Também Gastal & Nelson (1994), avaliando os efeitos da adubação nitrogenada, verificaram em dois entre três experimentos, que a taxa de alongamento foliar do capim foi quatro a cinco vezes maior sob regime de alta dose de nitrogênio.

Pinto *et al.* (1994) não constataram efeito das doses de nitrogênio na taxa de aparecimento de folhas de *P. maximum* e *Setaria anceps*, que apresentaram respectivamente, 0,233 e 0,425 folhas. perfilho⁻¹. dia. A maior taxa de aparecimento verificada para o capim-setária foi acompanhada de maior número de folhas, porém de menor tamanho.

O efeito do N na taxa de aparecimento foliar depende, entre outros fatores, da espécie, da dose de N e da disponibilidade de outros nutrientes, e do próprio manejo. De acordo com Nabinger (1996), o efeito positivo do N no perfilhamento é atribuído à maior rapidez de formação das gemas axilares e à iniciação dos perfilhos correspondentes, devendo-se observar que o índice de área foliar (IAF) não pode ultrapassar o valor crítico, pois modifica a qualidade da luz que penetra no dossel, chegando mais tardiamente às gemas.

Segundo Corsi (1984) o nitrogênio promove diversas alterações fisiológicas em gramíneas forrageiras, como no número, tamanho, peso e taxa de aparecimento de perfilhos e folhas, e alongamento do colmo, que são fatores intrínsecos na produção de massa seca e valor nutritivo da planta forrageira, resultando na elevação dos índices zootécnicos.

Dentre os nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, o fósforo também se destaca pelas suas funções relevantes, porém encontra-se em quantidades insuficientes e, às vezes, não disponíveis na maioria dos solos brasileiros.

A adubação fosfatada é de grande importância para o adequado estabelecimento da pastagem, pois afeta o desenvolvimento inicial das plantas recém-germinadas, favorece o crescimento das raízes e estimula o perfilhamento e o crescimento inicial das plantas (Werner, 1994), além de aumentar a produtividade e o valor nutritivo (Souza, 1998).

Beretta *et al.* (1999) relatam que algumas variedades comerciais de *P. maximum* não têm tido sucesso nas áreas de cerrados por necessitarem de alta disponibilidade de fósforo. Em geral, as cultivares de *P. maximum* apresentam alta resposta à adubação fosfatada (Gheri *et al.*, 2000).

Outro nutriente essencial para todos os organismos vivos é o potássio, sendo o cátion mais importante nos processos fisiológicos das plantas não

somente pela concentração nos tecidos vegetais, mas também pelas suas funções bioquímicas (Mengel & Kirkby, 1987), representando o segundo nutriente mais extraído pelas plantas, depois do nitrogênio. O potássio é absorvido pelas raízes na forma de K^+ , sendo o processo essencialmente ativo e se redistribui das folhas e órgãos mais velhos para os mais novos e, por conseguinte os sintomas de deficiência de potássio se manifestam em primeiro lugar nas folhas velhas como uma clorose seguida de necrose das pontas e margens (Malavolta, 1980).

O potássio desempenha várias funções na vida do vegetal, como no processo de regulação do potencial osmótico das células, é ativador de muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, participa na assimilação de CO_2 , na formação de proteínas e na síntese, translocação e armazenamento de açúcares, aumenta a resistência à salinidade, geada, seca, doenças e ao acamamento e confere qualidade aos produtos (Malavolta, 1980; Marschner, 1995; Taiz & Zeiger, 1998 ; Braga, 1996).

Para Coelho & Verlengia (1973) o potássio, embora esteja presente em todas as células vivas, não é parte integrante da célula, nem possui função completamente esclarecida. Dentro da célula é encontrado no citoplasma, nos vacúolos e em menor quantidade no núcleo. Ocorre primariamente na forma iônica ou ligado à superfície dos colóides, não estando associado a qualquer composto específico dentro da célula que o torna muito móvel nos tecidos. Devido a essa mobilidade, o potássio é facilmente perdido pelas folhas e pelas raízes e o teor do nutriente no vegetal diminui com a idade da planta (Mello *et al.*, 1989).

As gramíneas forrageiras são relativamente exigentes em potássio, sendo necessária adubação com esse nutriente quando os teores no solo são baixos, para não limitar a produção do pasto e o efeito esperado de outros fertilizantes como o nitrogenado, principalmente em sistemas em que a pastagem é explorada intensivamente.

França & Haag (1985), cultivando *P. maximum* cv. Tobiata em soluções nutritivas completa e com a omissão de nutrientes, observaram que na ausência de potássio houve redução acentuada na produção de massa seca e no número de perfilhos em relação à solução completa.

Benetti & Monteiro (1999) estudaram o efeito do suprimento de doses de potássio em solução nutritiva na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, no perfilhamento do capim-vencedor (*P. maximum*). Os autores observaram efeitos significativos das doses de potássio na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes e no número de perfilhos.

Avaliando o efeito do fornecimento de potássio para o capim-mombaça (*P. maximum*), utilizando doses de potássio semelhantes às de Benetti & Monteiro (1999), Pereira (2001) verificou que o perfilhamento, a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes e a concentração de potássio nos componentes da parte aérea (folhas em expansão, lâminas de folhas recém expandidas, lâminas de folhas maduras, colmos e bainhas) e raízes aumentaram significativamente com adição do potássio.

Com relação ao suprimento de potássio para as plantas deve-se destacar que em situações onde o suprimento do nutriente no solo é elevado e contínuo poderá muitas vezes ocorrer o “consumo de luxo”, interferindo assim na absorção e disponibilidade fisiológica do cálcio e magnésio para esses vegetais (Sbrissia, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Zootecnia, sob luz e temperatura ambiente, no campus da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. O município de Viçosa está localizado na região da Zona da Mata mineira, em altitude de 651 m acima do nível do mar, nas coordenadas geográficas 20° 45' 40" de latitude sul e 42° 51' 40" de longitude oeste.

Avaliou-se o *P. maximum* cv. Milênio (BRA 006998) cultivado em vasos plásticos de 24,5 cm de diâmetro, capacidade de 5,8 dm³ de solo e com orifícios para drenagem do excesso de água. Foram utilizadas amostras de solo colhidas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, na região de Viçosa que depois de secas e peneiradas foram submetidas à análise química (Tabela 1). Não houve necessidade de correção do solo baseadas no critério de saturação por bases (V = 50%).

Tabela 1 - Características químicas das amostras de solo da camada de 0 a 20 cm

Características	Valor
pH em água (1:2,5)	5,34
Fósforo ¹ mg.dm ⁻³	0,7
Potássio ¹ mg.dm ⁻³	44
Alumínio ² cmol _c .dm ⁻³	0,10
Cálcio ² cmol _c .dm ⁻³	2,62
Magnésio ² cmol _c .dm ⁻³	1,75
H + Al ³ (Ca(Oac) ₂ - 0,5 mol.L ⁻¹ - pH 7,0) - cmol _c .dm ⁻³	6,6
Soma de bases trocáveis - cmol _c .dm ⁻³	4,48
CTC efetiva - cmol _c .dm ⁻³	4,58
CTC a pH 7 - cmol _c .dm ⁻³	11,08
Saturação por alumínio -%	40,4
Saturação por bases -%	50,0
Matéria orgânica – dag.Kg ⁻¹	5,15
P remanescente – mg.L ⁻¹	28,7
Zinco ¹ mg.dm ⁻³	1,63
Ferro ¹ mg.dm ⁻³	24,9
Manganês ¹ mg.dm ⁻³	23
Cobre ¹ mg.dm ⁻³	1,17
Boro (água quente) – mg.dm ⁻³	0,12

¹ Extrator Mehlich -1; ² Extrator KCl 1 mol L; ³ Determinado em acetato de cálcio pH 7.

Os tratamentos foram constituídos de um arranjo fatorial 4 x 4 x 4 correspondente a quatro doses de nitrogênio (N), quatro de fósforo (P) e quatro de potássio (K) no delineamento inteiramente ao acaso com duas repetições. As doses dos nutrientes foram: 0, 80, 120 e 160 mg.dm⁻³ de N, na forma de uréia, 50, 100, 200 e 300 mg.dm⁻³ de P, na forma de superfosfato triplo, e de 0, 80, 120 e 160 mg dm⁻³ de K, na forma de cloreto de potássio. A semeadura foi feita no dia 04.03.2005, em bandejas plásticas contendo substrato agrícola comercial. Em 20.03.2005, transplantaram-se para os vasos seis plântulas, deixando após o desbaste três plantas por vaso.

O adubo fosfatado (superfosfato triplo em pó, peneira de 60 mesh) correspondente à dose de P foi aplicado trinta dias antes da transplantação. Durante esse período o solo, nos vasos, foi mantido com umidade próxima à capacidade de campo. Os adubos nitrogenados e potássicos foram adicionados por via úmida em quatro aplicações semanais sendo a primeira uma semana após a transplantação.

Durante o período experimental foi registrada a variação da temperatura ambiente ao longo do dia. Os vasos eram irrigados duas ou três vezes ao dia de modo mantê-los próximos à capacidade de campo.

Para avaliações das características morfogênicas e estruturais foram marcados três perfilhos por vaso, ou seja, um por planta transplantada utilizando anéis plásticos coloridos. Os perfilhos marcados e identificados eram mensurados três vezes por semana utilizando-se régua milimetrada.

Diariamente efetuaram-se registro do aparecimento do ápice foliar, dia da exposição da lígula, comprimento do colmo, comprimento da lâmina foliar expandida, comprimento da lâmina foliar em expansão, senescência foliar (determinada pela diferença, do comprimento total da lâmina menos a parte da lâmina que se encontrava ainda totalmente verde), número de folhas por perfilho e número total de perfilhos por vaso que foram quantificados no final do período experimental. Com essas medidas foram estimadas as seguintes características:

- Morfogênicas:

- Taxa de Aparecimento Foliar (TApF) - número de folhas.dia⁻¹;

- Filocrono (FILO) – dia;
- Taxa de Alongamento Foliar (TAIF) – cm.dia^{-1} ;
- Taxa de Alongamento do Colmo (TAIC) – cm.dia^{-1} ;
- Taxa de Senescência Foliar (TSF) – cm.dia^{-1} .

- Estruturais:

- Relação Folha:Colmo (RFC);
- Comprimento Final da lâmina Foliar (CFF) – cm;
- Duração de Vida da Folha (DVF) – dias;
- Número de Folhas Verdes por perfilho (NFV);
- Número de Perfilhos Totais (NPerf).

Após total senescência da primeira folha completamente expandida, em duas plantas de cada unidade experimental cessaram-se as avaliações, efetuando-se o corte das plantas ao nível do solo para estimativa da produção total de matéria seca por vaso, produção de matéria seca de folhas e colmos.

As taxas de alongamento e de aparecimento de folhas foram calculadas dividindo-se o comprimento acumulado de folhas e o número total de folhas no perfilho, respectivamente, pelo período de dias de avaliação. O comprimento das folhas foi medido de acordo com o estágio de desenvolvimento das mesmas, ou seja, as folhas completamente expandidas foram medidas de seu ápice até a lígula. Para as folhas em expansão, o mesmo procedimento foi usado, porém a lígula da última folha expandida tornou-se referencial de medida. No caso das folhas em senescência foi considerado como medida o comprimento a partir da lígula até o ponto onde o processo de senescência se inicia (amarelecimento e enegrecimento).

A duração de vida da folha foi estimada considerando-se o tempo entre o aparecimento do ápice foliar e o primeiro sinal de senescência da lâmina. O filocrono, por sua vez, como é definido pelo intervalo entre o aparecimento de duas folhas sucessivas, foi estimado pelo inverso da taxa de aparecimento de folhas (Skinner & Nelson, 1995).

O número de folhas verdes por perfilho foi determinado como a fração de folhas totais que não apresentavam qualquer sinal de senescência. Assim, a variável foi estimada nas mesmas folhas utilizadas para a determinação da duração de vida da folha. O número de perfilhos por planta foi contabilizado nas plantas em que os perfilhos estavam marcados, o que permitiu registrar a dinâmica do processo de perfilhamento no período.

Após o corte as plantas colhidas foram separadas em lâmina, colmo + bainha e material morto, pesados e levados à estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas.

Após as avaliações, os resultados foram reduzidos às médias dos tratamentos (combinações das quatro doses dos nutrientes N, P e K). Com o objetivo de condensar as informações contidas nas 23 variáveis originais estudadas em um conjunto menor de fatores, com um mínimo de perda dessas informações, foram feitas duas análises de fatores. Na primeira análise, dez características morfogênicas e estruturais (TApF, FILO, TAIF, TSF, TAIC, RFC, DVF, NFV, NPerf e CFF) foram consideradas e na segunda análise de fatores, as outras treze características de produção (MSF, MSC, MSMM, MSR, MST, PA, PA + MSMM, % Folha, % Colmo, % MMorto, % Raiz, RPAMM, RPAR) foram avaliadas.

O número de fatores finais considerados para representar cada um dos dois grupos de características, pode ser igual ao número de autovalores iguais ou superiores a 1. No entanto, foi plotado os autovalores contra o número de fatores na ordem de extração, desta forma, pôde-se determinar o ponto de corte ("scree test"), visualizando-se no gráfico, quando a diferença de explicação entre os valores aproximou-se da estabilização. Foram considerados mais de um fator até que se atinja, aproximadamente, 80% da variabilidade total. O agrupamento das características foi considerado a partir de cargas fatoriais finais maiores que 0,62, obtidas após rotação, o que indica que essas características apresentam alta correlação e podem ser agrupadas em um mesmo fator. A extração das cargas fatoriais foi feita pelo método dos componentes principais, e os fatores estabelecidos pelo método de rotação ortogonal varimax. As análises foram realizadas com o auxílio do programa "Statistical Analysis System" (SAS, 2000), por meio do procedimento FACTOR.

Depois de estimados os escores fatoriais foram feitas análise de superfície em função das combinações das doses de N, P e K usando o procedimento PROC REG, utilizando a função “Stepwise” do programa “Statistical Analysis System” (SAS, 2000) para selecionar o modelo utilizado. O modelo geral analisado foi:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + E_i$$

Em que:

Y_i = variável resposta;

β_0 = intercepto estimado;

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ = parâmetros a serem estimados (coeficiente de regressão da variável resposta);

X_1, X_2, \dots, X_n = dose de nitrogênio (0, 80, 120 e 160 mg.dm⁻³ N por vaso), dose de fósforo (50, 100, 200, 300 mg.dm⁻³ P por vaso), dose de potássio (0, 80, 120 e 160 mg.dm⁻³ K por vaso), como efeitos linear e quadrático e suas respectivas interações;

E_i = erro aleatório associado à observação Y_i , assumindo que $E_i \stackrel{i.i.d.}{\sim} N(0, \sigma^2)$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características morfogênicas e estruturais do capim-milênio sob adubação

A análise fatorial pelo método dos componentes principais, conforme Tabela 2 proporcionou redução de dez variáveis para três fatores, os quais apresentaram autovalores superiores a um, com retenção de 79,07% da variação total dos dados e apenas 20,91% de perda de informação.

Tabela 2 – Autovalores obtidos pela matriz de correlação

Variáveis	Autovalores	Diferença	Proporção (%)	Acumulada (%)
TApF ¹	4,76116444	2,96967003	47,61	47,61
FILO ²	1,79149441	0,43730562	17,91	65,53
TAIF ³	1,35418879	0,46637894	13,54	79,07
TSF ⁴	0,88780986	0,30170806	8,88	87,95
TAIC ⁵	0,58610180	0,32255437	5,86	93,81
RFC ⁶	0,26354742	0,07521693	2,64	96,44
DVF ⁷	0,18833049	0,11199924	1,88	98,33
NFV ⁸	0,07633125	0,02245459	0,76	99,09
NPerf ⁹	0,05387667	0,01672180	0,54	99,63
CFE ¹⁰	0,03715487	-	0,37	100,00

¹ Taxa de Aparecimento Foliar; ² Filocrono; ³ Taxa de Alongamento Foliar; ⁴ Taxa de Senescência Foliar; ⁵ Taxa de Alongamento do Colmo; ⁶ Relação Folha:Colmo; ⁷ Duração de vida da folha; ⁸ Número de folhas verdes; ⁹ Número de perfilhos totais; ¹⁰ Comprimento Final da Folha

O número de fatores foi escolhido quando a diferença de explicação entre os fatores aproximou-se da estabilização (critério Scree). Dessa forma, observa-se (Tabela 2) que o valor da diferença entre o segundo e o terceiro autovalor subtraído do valor da diferença entre o terceiro e quarto autovalor é bem pequeno (0,03) caracterizando assim, a estabilização entre as diferenças de autovalores, o que justifica a adoção de três fatores.

Na Tabela 3, pode-se identificar as variáveis que compõem cada fator, a influência de cada variável dentro do fator, bem como as comunalidades que expressam a porcentagem da variância de cada variável que é explicada pelos três fatores e a porcentagem da variância explicada para cada fator.

Observa-se na Tabela 3 que o primeiro fator que explicou 47,61% (Tabela 2) da variância total dos dados, correlacionou-se fortemente com as variáveis TApF (0,9114), TAIF (0,8907), TSF (0,8361), TAIC (0,7752). Além disso, observa-se forte correlação negativa desse fator com a variável FILO (-0,8851) e DVF (-0,8031), indicando que incrementos no primeiro fator resulta em decréscimo no filocrono e na duração de vida da folha. Em razão dos elevados coeficientes de correlação desses fatores convencionou-se denominá-los de características morfogênicas do capim-milênio (Fator CM).

Tabela 3 - Cargas fatoriais, comunalidade e porcentagem da variância discriminatória associadas aos fatores Características Morfogênicas (Fator 1), Características Estruturais (Fator 2) e Número de Folhas Vivas (Fator 3)

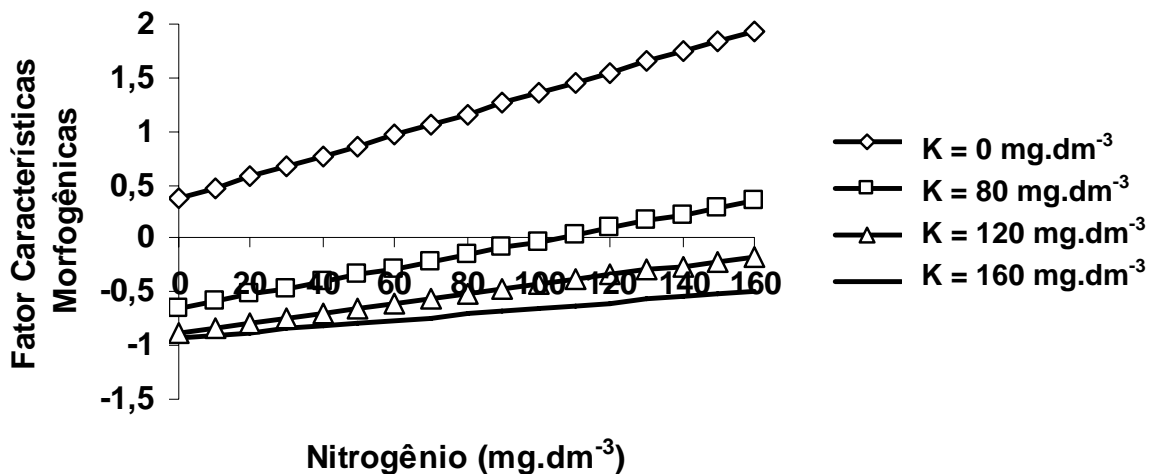
Variáveis	Fatores			Comunalidade (%)
	1	2	3	
TApF ¹	0,9114	-0,1380	-0,1331	86,73
FILO ²	-0,8851	0,1841	0,0702	82,23
TAIF ³	0,8907	-0,1230	0,2638	87,81
TSF ⁴	0,8361	0,2207	-0,2024	78,87
TAIC ⁵	0,7752	-0,1996	0,3775	78,32
RFC ⁶	0,4347	-0,7809	0,0483	80,12
DVF ⁷	-0,8031	0,0796	0,5123	91,38
NFV ⁸	-0,0096	-0,02198	0,8075	65,27
NPerf ⁹	0,0934	0,8954	-0,1636	83,73
CFF ¹⁰	-0,05969	0,62155	0,41526	56,23
% Variância explicada pelos fatores	47,61	17,91	13,54	79,07

¹ Taxa de Aparecimento Foliar; ² Filocrono; ³ Taxa de Alongamento Foliar; ⁴ Taxa de Senescência Foliar; ⁵ Taxa de Alongamento do Colmo; ⁶ Relação Folha:Colmo; ⁷ Duração de vida da folha; ⁸ Número de folhas verdes; ⁹ Número de perfilhos totais; ¹⁰ Comprimento Final da Folha.

O segundo fator que explicou 17,91% (Tabela 2) da variância total dos dados, apresentou correlação positiva com as variáveis NPerf (0,8954) e CFF(0,62155) e correlação negativa com a característica RFC (-0,7809) indicando que esse fator estaria associado às “Características Estruturais” dessa planta forrageira (Fator CE).

O terceiro fator que explicou 13,54% (Tabela 2) da variância total dos dados, correlacionou-se exclusivamente de forma positiva com a característica NFV (0,8075), portanto esse foi denominado “Número de Folhas Vivas” do capim-milênio (Fator NFV).

Os valores observados dos escores fatoriais das Características Morfogênicas (Fator 1) apresentaram uma tendência polinomial ($P < 0,01$), sendo a equação de regressão ajustada ao modelo, o coeficiente de determinação e os valores dos escores fatoriais estimados por essa equação apresentados na Figura 1.



$$\hat{Y} = 0,377450 + 0,009780 * N - 0,017590 * K + 0,000059 K^2 - 0,000044 * NK \quad (R^2 = 0,78).$$

* Significativo pelo teste t ($P < 0,01$)

Figura 1 - Equação de regressão ajustada entre escores fatoriais estimados para Características Morfogênicas em função das doses de nitrogênio para cada dose de potássio aplicada.

A análise de variância do fator características morfogênicas do capim-milênio revelou significância ($P < 0,01$) para as doses de N, K, bem como para a interação negativa entre as doses desses dois nutrientes aplicadas. No entanto, não foi observado, no capim-milênio, efeito significativo do fósforo para as variáveis componentes do Fator Características Morfogênicas (Fator 1).

Os escores fatoriais estimados das características morfogênicas apresentaram tendência linear crescente para as doses de N aplicadas e linear decrescente para as doses de K, sendo assim, o maior escore fatorial estimado para esse fator observado na dose de 160 mg.dm^{-3} de N (maior dose estudada) e ausência de aplicação de potássio.

Observou-se, no capim-milênio, resposta positiva das variáveis TApF, TAIF, TAIC e TSF que compõem o Fator Características Morfogênicas (Fator 1) às doses de N. Analisando o comportamento isolado de cada variável que compõe o Fator 1 (CM) verifica-se que o efeito da adubação sobre as variáveis avaliadas nesse estudo, com capim-milênio, está em consonância com outros trabalhos realizados em distintas plantas forrageiras. Neste contexto, Martuscello (2005 e 2006), avaliando plantas de capim-xaraés e capim-massai, observou que a adubação nitrogenada exerceu efeito positivo nas taxas de alongamento e no aparecimento foliar dessas duas forrageiras. Também foi observado que o processo de senescência foliar das plantas de capim-xaraés e capim-massai foi acelerado com o aumento das doses de nitrogênio, reduzindo a duração média de vida de suas folhas.

Garcez Neto *et al.* (2002), avaliando capim-mombaça, Oliveira (2002), cultivares de *Cynodon* e Alexandrino *et al.* (2004), em capim-marandu, observaram que a aplicação de N afetou em menor proporção a TApF, em relação à TAIF. A taxa de alongamento de uma folha é função das taxas de alongamento nas zonas de divisão (meristema intercalar) e de expansão celular e nas zonas de deposição de nutrientes e formação da parede celular secundária (Skinner & Nelson, 1995). Dessa forma, o N afeta diretamente a TAIF, por meio da modificação do número de células produzidas.

O papel do suprimento de N na TApF pode ser analisado como resultado da combinação dos fatores comprimento da bainha, alongamento foliar e temperatura (Duru & Ducroq, 2000) que agem simultaneamente nessa variável.

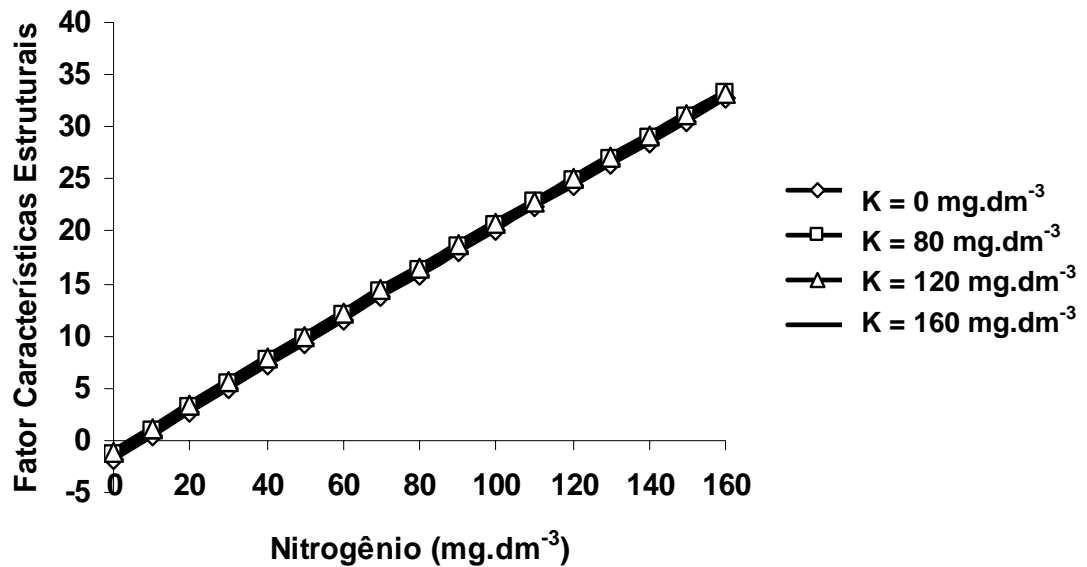
O Filocrono apresentou correlação negativa com as demais variáveis que compõem o Fator Características Morfogênicas (Fator 1), bem como o efeito da adubação sobre o mesmo (Tabela 3). Assim, com o aumento das doses de N ocorreu uma diminuição no FILO do capim-milênio. Essa

correlação negativa é coerente, uma vez que essa variável resulta do inverso da TAIF, assim o aumento na TAIF, em função das doses de N, diminui o FILO.

A DVF também apresentou correlação negativa com as demais variáveis componentes do Fator Características Morfogênicas (Fator 1) (Tabela 3). Observou-se, portanto que o incremento da adubação nitrogenada gerou diminuição na DVF do capim-milênio. O efeito do N sobre a diminuição na DVF segundo Gastal & Lemaire (1988) parece ser afetada ligeiramente pela disponibilidade de N. Na verdade, o que se observa frequentemente, em alta disponibilidade de N, é o aumento na TS (Oliveira, 2002) e redução na DVF (Otón, 2000) decorrente de aumento do índice de área foliar que gera competição entre as plantas pela interceptação da radiação fotossinteticamente ativa provocada pelo rápido fechamento do dossel, conseqüente do aumento na TAIF e TAIPC, padrão de resposta encontrado também por Garcez Neto *et al.* (2002), Oliveira (2002) e Alexandrino *et al.* (2004).

O envolvimento dos nutrientes N e K nos processos ligados ao crescimento e desenvolvimento de plantas, bem como a relação existente entre a absorção e o aproveitamento destes macronutrientes foi relatado em diferentes gramíneas por diversos autores (Monteiro *et al.*, 1980; Carvalho *et al.* 1991; Martim, 1997; Andrade, 1997). No entanto, para as condições desse estudo foi observado efeito linear negativo do potássio, bem como a interação negativa de suas doses com as de N, sobre as características morfogênicas do capim-milênio. Dessa forma, para que haja bases comparativas, novas pesquisas para essas condições devem ser desenvolvidas.

Por meio da análise de variância foi observado que o Fator Características Estruturais (Fator 2) variou significativamente ($P < 0,01$) com as doses de nitrogênio e potássio, sendo a interação entre os dois nutrientes não significativa ($P > 0,01$). A equação de regressão polinomial apresentou ajuste ao modelo quadrático e linear crescente, em função das doses de N e K, respectivamente. Estimou-se por meio da equação de regressão apresentada na Figura 2 valor maior (1,71359) e menor (-2,22241) de escores fatoriais para as Características Estruturais (Fator 2) nas maiores e menores doses de N e K, respectivamente.



$$\hat{Y} = -1,771660 + 0,22560N - 0,000065*N^2 + 0,005550*K \quad (R^2 = 0,74)$$

* Significativo pelo teste t (P<0,01)

Figura 2 - Equação de regressão ajustada entre escores fatoriais estimados para Características Estruturais em função das doses de nitrogênio para cada dose de potássio aplicada.

Vale destacar, que embora a equação de regressão polinomial tenha se ajustado ao modelo quadrático para o N, dentro do intervalo de doses de N estudadas (0, 80, 120 e 160 mg.dm⁻³ de N), as Características Estruturais apresentaram tendência de resposta linear crescente para as doses desse nutriente.

A correlação negativa da variável RFC com as variáveis CFF e NPerf que compõem o Fator (Tabela 3), implica que aumentos nos escores fatoriais com as doses de N e K, promoveria diminuição na RFC e acréscimo no CFF e NPerf. O alongamento no pseudocolmo promovido pela adubação nitrogenada determinou diminuição na RFC, aumento no CFF em razão do maior percurso da lâmina foliar para emergir do pseudocolmo (Skinner & Nelson, 1995) e aumento no NPerf por meio da modificação na quantidade e qualidade de luz que chega às folhas mais próximas do solo ativando as gemas axilares e incrementam conseqüentemente, o perfilhamento.

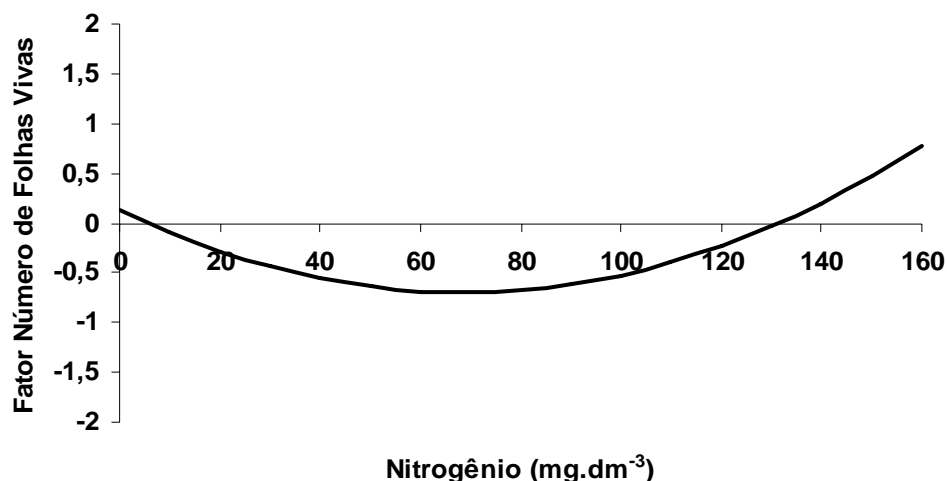
Gomide (1997), em cultivares da *P. maximum*, verificou que a adubação nitrogenada promoveu aumento na produção de forragem devido a maior eficiência fotossintética das folhas, intenso perfilhamento e alongamento do colmo, que por sua vez, determina alterações indesejáveis na qualidade da forragem pela diminuição da relação lâmina:colmo. Do mesmo modo, Martuscello (2005 e 2006), avaliando plantas de capim-xaraés e capim-massai, respectivamente, observou que a adubação nitrogenada exerceu efeito positivo no número de perfilhos, de folhas vivas e no comprimento final da lâmina nessas forrageiras.

Fagundes (2006), avaliando *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk sob pastejo, observou que a densidade populacional de perfilhos vivos e vegetativos aumentou linearmente, enquanto a densidade de perfilhos mortos decresceu com a adubação nitrogenada. Garcez Neto *et al.* (2002), Oliveira (2002) e Alexandrino *et al.* (2004) observaram que a aplicação de N incrementou o perfilhamento em capim-mombaça, cultivares de *Cynodon* e capim-marandu, respectivamente.

O efeito positivo do potássio no perfilhamento de forrageiras também foi constatado por Benetti & Monteiro (1999) com capim-vencedor e Mattos (1997) com *Brachiaria decumbens* que observaram aumento no número de perfilhos, no primeiro crescimento, influenciado pelas doses de potássio.

No entanto, Carriel *et al.* (1989), trabalhando com capim-colonião e Monteiro *et al.* (1995) com capim-braquiária, não observaram variação significativa no número de perfilhos quando compararam a omissão de potássio em solução com o tratamento completo. Também, Hoffmann (1992), em estudo com capim-colonião e Silva *et al.* (1997) com capim-tanzânia, ressaltaram que o perfilhamento não respondeu significativamente ao suprimento de potássio.

O fator NFV (Fator 3) foi influenciado significativamente ($P < 0,01$) apenas pela adubação nitrogenada, sendo representado pela equação de regressão polinomial ajustada ao modelo quadrático, conforme apresentado na Figura 3.



$$\hat{Y} = 0,12337 - 0,023980N^* + 0,000175N^{*2} \quad (R^2 = 0,40)$$

* Significativo pelo teste t ($P < 0,01$)

Figura 3 - Equação de regressão ajustada entre escores fatoriais estimados para número de folhas vivas em função das doses de nitrogênio aplicadas.

Observou-se a partir da dose de 80 mg.dm^{-3} de N, aumento linear dos escores fatoriais estimados desse fator com o suprimento de N até a maior dose testada de 160 mg.dm^{-3} . Essa tendência se deve ao fato de que, a adubação nitrogenada é fundamental para suprimento contínuo de N nas folhas, para assegurar não apenas o processo de divisão celular, mas sustentar por mais tempo sua atividade fotossintética e, dessa forma, retardar a remobilização interna de N. A resposta do NFV do capim-milênio em função das doses de N aplicadas nessa pesquisa, está em consonância com resultados obtidos por Garcez Neto *et al.* (2002) e Oliveira (2002) que observaram aumento linear, com a aplicação de N, para o capim-mombaça e cultivares de *Cynodon*, respectivamente.

No entanto, mesmo havendo resultados de pesquisas com tendências de respostas semelhantes aos encontrados nesse trabalho, vale destacar que a porcentagem retida pelo fator NFV (Fator 3) foi de apenas 13,54% (Tabela 2) e o coeficiente de determinação da equação (Figura 3), ambos considerados baixos.

4.2 - Produção do capim-milênio sob adubação

A análise fatorial pelo método dos componentes principais, conforme Tabela 4 proporcionou a redução de treze variáveis para três fatores, os quais apresentaram autovalores superiores a um, com retenção de 95,12% da variação total dos dados e apenas 4,88% de perda de informação.

Tabela 4 – Autovalores obtidos pela matriz de correlação

Variáveis	Autovalores	Diferença	Proporção (%)	Acumulada
MSF ¹	5,71925884	1,17928177	43,99	43,99
MSC ²	4,53997707	2,43337241	34,92	78,92
MSMM ³	2,10660466	1,86340891	16,20	95,12
MSR ⁴	0,24319576	0,04049497	1,87	96,99
MST ⁵	0,20270079	0,07739312	1,56	98,55
PA ⁶	0,12530766	0,09365173	0,96	99,52
PA + MSMM ⁷	0,03165593	0,00271760	0,24	99,76
% Folha ⁸	0,02893833	0,02657757	0,22	99,98
% Colmo ⁹	0,00236075	0,00236056	0,02	100,00
% MMorto ¹⁰	0,00000000	0,00000020	0,00	100,00
% Raiz ¹¹	0,00000000	0,00000000	0,00	100,00
RPAMM ¹²	0,00000000	0,00000000	0,00	100,00
RPAR ¹³	0,00000000	0,00000000	0,00	100,00

¹ MSF = Matéria Seca da Folha (g/vaso); ² MSC = Matéria Seca do Colmo (g/vaso); ³ MSMM = Matéria Seca do Material Morto (g/vaso); ⁴ MSR = Matéria Seca da Raiz (g/vaso); ⁵ MST = Matéria Seca Total (g/vaso); ⁶ PA = Parte Aérea (g/vaso); ⁷ PA + MSMM = Parte Aérea mais a Matéria Seca do Material Morto (g/vaso); ⁸ Folha = Porcentagem de Folhas na MST; ⁹ Colmo = Porcentagem de Colmo na MST; ¹⁰ MM = Porcentagem de Material Morto na MST; ¹¹ Raiz = Porcentagem de Raiz na MST; ¹² RPAMM = Relação entre a Parte Aérea e o Material Morto; ¹³ RPAR = Relação entre a Parte Aérea e a Raiz.

Os fatores foram escolhidos quando a diferença de explicação entre os valores aproximou-se da estabilização (critério Scree). Dessa forma, observa-se (Tabela 4) que o valor da diferença entre o terceiro e o quarto autovalor subtraído do valor da diferença entre o quarto e quinto autovalor é bem pequeno (0,04) caracterizando assim, a estabilização entre as diferenças de autovalores, o que permitiu a adoção de três fatores.

Na Tabela 5 pode-se identificar as variáveis que compõem cada fator, a influência de cada variável dentro do fator, bem como as comunalidades que expressam a porcentagem da variância de cada variável que é explicada pelos três fatores e a porcentagem da variância explicada pelo fator.

Tabela 5 - Cargas fatoriais, comunalidade e porcentagem da variância discriminatória associadas aos fatores Produção Forrageira (Fator 1), Rendimento Forrageiro (Fator 2) e Material Senescente (Fator 3)

Variáveis	Fatores			Comunalidade (%)
	1	2	3	
MSF ¹	0,9859	0,0388	-0,0255	97,42
MSC ²	0,9930	0,0295	0,0407	98,86
MSMM ³	0,3420	-0,0141	0,9063	93,84
MSR ⁴	0,5943	-0,7448	-0,0071	90,80
MST ⁵	0,8493	-0,4962	0,0398	96,91
PA ⁶	0,9966	0,0340	0,0105	99,44
PA + MSMM ⁷	0,9913	0,0313	0,1001	99,36
% Folha ⁸	-0,1929	0,9502	-0,0163	94,02
% Colmo ⁹	0,3984	0,8827	0,0909	94,62
% MMorto ¹⁰	-0,2906	0,3013	0,8809	95,11
% Raiz ¹¹	-0,0180	-0,9669	-0,2435	99,44
RPAMM ¹²	-0,0379	-0,1547	-0,9095	85,86
RPAR ¹³	-0,0031	0,9205	0,2601	91,50
% Variância explicada por fatores	43,99	34,92	16,20	95,12

¹ MSF = Matéria Seca da Folha (g/vaso); ² MSC = Matéria Seca do Colmo (g/vaso); ³ MSMM = Matéria Seca do Material Morto (g/vaso); ⁴ MSR = Matéria Seca da Raiz (g/vaso); ⁵ MST = Matéria Seca Total (g/vaso); ⁶ PA = Parte Aérea (g/vaso); ⁷ PA + MSMM = Parte Aérea mais a Matéria Seca do Material Morto (g/vaso); ⁸ Folha = Porcentagem de Folhas na MST; ⁹ Colmo = Porcentagem de Colmo na MST; ¹⁰ MM = Porcentagem de Material Morto na MST; ¹¹ Raiz = Porcentagem de Raiz na MST; ¹² RPAMM = Relação entre a Parte Aérea e o Material Morto; ¹³ RPAR = Relação entre a Parte Aérea e a Raiz.

Assim, observa-se (Tabela 5) que o Fator 1 explicou 43,99% (Tabela 4) da variância total dos dados correlacionou-se fortemente, de forma positiva com as variáveis: Matéria Seca da Folha - MSF (0,9859), Matéria Seca do Colmo - MSC (0,9930), Matéria Seca Total - MST (0,8493), Parte Aérea - PA (0,9966), Parte Aérea e Material Morto - PAMM (0,9913) conforme demonstrado por suas cargas fatoriais. Em função dessas características estarem ligadas à produção forrageira, convencionou-se denominar o Fator 1 de “Produção Forrageira” (Fator PF) do capim-milênio.

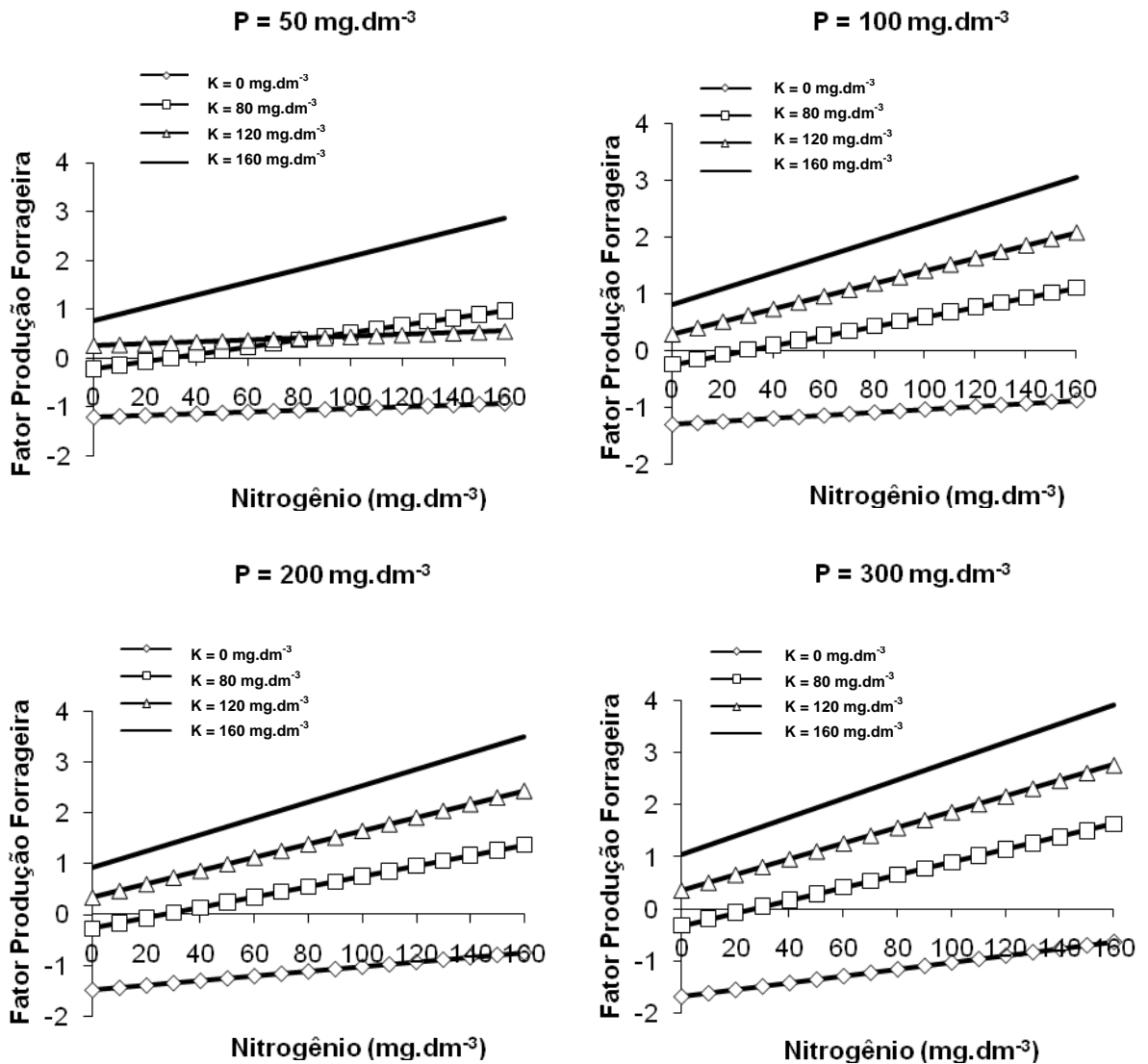
O Fator 2 explicou 34,92% (Tabela 4) da variância total dos dados (Tabela 5) e apresentou alta correlação positiva, demonstrada pela carga fatorial com as variáveis % Folha (0,9502), % Colmo (0,8827), RPAR (0,9205) e correlação negativa com a MSR (-0,74482) e % Raiz (-0,9669), indicando que aumentos nos escores fatoriais para o Fator 2 implicaram em incremento nos constituintes da parte aérea (folha, colmo) e na proporção da parte aérea em relação à raiz do capim-milênio, assim convencionou-se que esse fator estaria associado ao “Crescimento Forrageiro” (Fator CF) dessa gramínea.

Já o Fator 3, através das cargas fatoriais, correlacionou-se de forma positiva com MSMM (0,9063) e % MM (0,8809) e de forma negativa com a variável RPAMM (-0,9095) (Tabela 5), indicando que aumentos nos escores fatoriais para o Fator 3 resultaram em aumento nas proporções de material morto em relação à parte aérea. Portanto, optou-se denominar o Fator 3 de “Forragem Senescente” (FSen) do capim-milênio.

Vale destacar que os elevados valores de comunalidade para quase totalidade das variáveis avaliadas acima de 90% e apenas a característica RPAMM com 85,86% (Tabela 5), considerando que a comunalidade representa a porção da variação das características que é retida nos fatores, pode-se enfatizar que a menor comunalidade retida indica que boa parte da variação que influenciou a variável RPAMM, em torno de 14%, foi de natureza aleatória, ou seja, não comum.

Dessa forma, por meio da estatística multivariada utilizando a análise de fatores, o número de informações contidas nas treze variáveis originais (características morfogênicas e estruturais) do capim-milênio foi resumido em três fatores (Fator PF, RF e FSen), os quais retiveram 95,12% da variação total dos dados, perdendo apenas 4,88% de informação.

Os valores observados dos escores fatoriais da Produção Forrageira (Fator 1) apresentaram tendência polinomial ($P < 0,01$), sendo a equação de regressão ajustada ao modelo, o coeficiente de determinação e os valores dos escores fatoriais estimados por essa equação conforme apresentados na Figura 4.



$$\hat{Y} = - 1,1140 - 0,000802N - 0,00188P + 0,011460*K - 0,000056*K^2 + 0,000019*NP + 0,000071*NK + 0,000019*PK \quad (R^2 = 0,93)$$

* Significativo pelo teste t (P<0,01)

Figura 4 - Equação de regressão ajustada, coeficiente de determinação e escores fatoriais estimados para o Fator Produção Forrageira (Fator 1).

A análise de variância da Produção Forrageira do capim-milênio revelou significância (P<0,01) para as doses de K aplicadas, apresentando os escores fatoriais estimados desse fator tendência quadrática para esse nutriente. Também as interações entre os nutrientes N e P, entre N e K e entre P e K

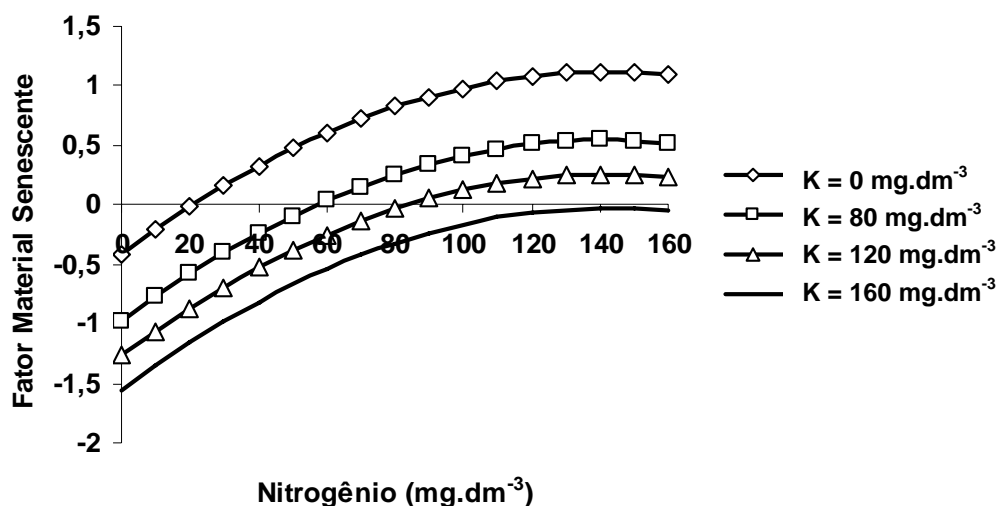
foram significativas ($P < 0,01$), apresentando escores fatoriais estimados para Produção Forrageira do capim-milênio tendência linear crescente para as três interações, respectivamente. Observou-se, conseqüentemente, máximo escore fatorial estimado para Produção Forrageira nas doses de 160 mg.dm^{-3} de N, 300 mg.dm^{-3} de P e 160 mg.dm^{-3} de K, maiores doses estudadas para os três nutrientes em questão, e menor valor de escore estimado para as mínimas doses dos três nutrientes estudadas, zero mg.dm^{-3} de N, 50 mg.dm^{-3} de P e zero mg.dm^{-3} de K, respectivamente.

A disponibilidade de N teve efeito direto sobre a Produção Forrageira do capim-milênio. Esse efeito contribuiu para aumentar a densidade de perfilhos nos vasos, reduzir a taxa de senescência das folhas maduras. A interação destes efeitos, com o aumento da TAIF, resultou na elevação linear das taxas de acúmulo de matéria seca do capim-milênio. O incremento na produção de matéria seca em outras forrageiras com alto potencial de produção, como o capim-milênio, em decorrência da aplicação de nitrogênio tem sido relatado por vários autores (Caielli *et al.*, 1991; Andrade, 1997; Paciullo, 1997).

Pedreira (1995), testando diferentes doses de N e P em capim-tifton 85, observou que a interação positiva do N e do P na produção das forrageiras esteve relacionada com a formação de raízes e o aumento do perfilhamento, proporcionados pelo P, e o incremento da produção de biomassa da parte aérea proporcionado pelo N. Também, Mattos & Werner (1979), estudando por um período de três anos a resposta do capim-colonião (*P. maximum* cv. Colonião) ao N, sob as doses de 0, 75, 150 e 225 kg. ha^{-1} , observaram que a produção de MS aumentou linearmente com as doses de N.

A análise de variância para o Fator Crescimento Forrageiro (Fator 2) não foi significativa ($P > 0,01$) para nenhum dos três nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) estudados.

Os valores observados dos escores fatoriais do Material Senescente (Fator 3) apresentaram tendência polinomial ($P < 0,01$), sendo a equação de regressão ajustada aos modelos, coeficiente de determinação e os valores dos escores fatoriais estimados por essa equação apresentados na Figura 5.



$$\hat{Y} = -0,408835 + 0,021399N^* - 0,000075N^2 - 0,007514K^* \quad (R^2 = 0,66)$$

*Significativo pelo teste t ($P < 0,01$)

Figura 5 - Equação de regressão ajustada, coeficiente de determinação e escores fatoriais estimados para o Fator Material Senescente (Fator 3).

A análise de variância da Forragem Senescente do capim-milênio revelou significância ($P < 0,01$) para as doses de N e K aplicadas, apresentando escores fatoriais estimados desse fator tendência quadrática, com ponto de máximo, para as doses de N aplicadas e tendência linear decrescente para as doses de K, sendo o maior escore fatorial estimado para esse fator observado na dose de 160 mg.dm^{-3} de N (maior dose estudada) e na ausência de adubação potássica.

O N incrementou o crescimento e desenvolvimento do capim-milênio, bem como a taxa de senescência, porém diminuiu sua DVF. O aumento na taxa de senescência e redução na DVF, em condições de alta disponibilidade de N, foram observados também por Oliveira (2002) e Óton (2000) trabalhando com espécies do gênero *Cynodon* e nativas, respectivamente. Essas alterações morfológicas provocadas pela adubação nitrogenada aumentaram consequentemente a quantidade de material morto nessas plantas. Dessa forma, o adubo nitrogenado aumentou a MSMorto,% MM e diminuindo assim, a relação PA:MM.

Já o K exerce importantes funções nas plantas, como alteração na atividade de várias enzimas, ativando-as (como amido sintase, piruvato quinase e fosfofrutoquinase) ou inibindo-as (como hidrólases, oxidases e as envolvidas na síntese da putrescina). Assim, quando esse nutriente não foi aplicado provocou sintomas de deficiências, inicialmente nas folhas mais velhas do capim-milênio, em função, provavelmente, da translocação do K nas plantas. Os sintomas de deficiência de K foram nitidamente detectados nas plantas de capim-milênio, pela clorose seguida de necrose da ponta para a base, principalmente nas margens das lâminas foliares gerando acúmulo de material senescente (MSMorto, % MM) com conseqüente diminuição na relação PA:MM. O processo de necrose das lâminas foliares decorrente da deficiência de K em plantas forrageiras foi também descrito por França & Haag (1985) em capim-tobiatã, por Marim (1997) em Coastcross e Tifton-85, por Mattos (1997) em capim-braquiária e por Pereira (2001) em capim-mombaça.

Com a aplicação de K observou-se redução da Forragem Senescente (Fator 1) no capim-milênio, justificado pelo papel do nutriente em controlar o processo de senescência das plantas de maneira geral.

5. CONCLUSÕES

- A adubação nitrogenada exerce influencia positiva nas características morfológicas e estruturais do capim-milênio.
- O potássio tem efeito negativo e positivo nas características morfológicas e estruturais do capim-milênio, respectivamente.
- A interação entre N e K atua negativamente nas características morfológicas do capim-milênio.
- A adubação nitrogenada influencia positivamente o número de folhas vivas do capim-milênio.
- O nutriente fósforo não afeta as características morfológicas e estruturais do capim-milênio.
- A produção do *Panicum maximum* cv. Milênio é influenciada positivamente pela interação da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica.
- O crescimento do capim-milênio caracterizado pelos componentes da parte aérea e de raiz, não é influenciado pelos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio.
- A senescência do capim-milênio aumenta com a adubação nitrogenada e deficiência de potássio.

6. LITERATURAS CITADAS

- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO Jr, D.; MOSQUIM, P.R. *et al.* Características morfogênicas e estruturais na rebrotação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1372-1379, 2004.
- ANDRADE, A.C. **Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) sob diferentes doses de nitrogênio e potássio.** 1997. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ANUALPEC, 2006 – Anuário da Pecuária. FNP consultoria e Comércio, São Paulo, 2006. 359p.
- ARONOVICH, S. O capim-colonião e outros cultivares de *Panicum maximum* Jacq.: introdução e evolução do uso no Brasil. In: Simpósio sobre manejo da pastagem. 12, Piracicaba, 1995. **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.1 – 20
- BENETTI, I.; MONTEIRO, F.A. Doses de potássio na produção e composição química do capim-vencedor. In: Simpósio de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 1999. **Resumos...** São Paulo: USP, 1999, p.314.
- BERETTA, L. G. R.; KANNO, T.; MACEDO, M. C. M.; et al. Morfogênese foliar e taxas de crescimento de pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia-1 em solo dos cerrados. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36, Porto Alegre, RS, 1999. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. Resumo 130.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 4.ed. São Paulo, Ícone, 1999. 355p.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos.** Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos. 1989. 898 p.
- BRAGA, J.M. Potássio. In: Curso de Fertilidade e Manejo do Solo, Viçosa, 1996. **Fertilidade e manejo do solo.** Brasília: ABEAS, 1996. mód. 8, 62p.
- BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, W. (Ed.) **The ecology and management of grazing systems.** London: CAB International, 1996. p.37-67.
- CAIELLI, E. L.; BONILHA NETO, L.M.; LOURENÇO, A.J. Avaliação agronômica e qualitativa de pastos de capim-elefante Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) fertilizados com nitrogênio ou consorciados com leguminosas tropicais para produção de carne. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 48, n. 1, p. 63-76, 1991.

- CARRIEL, J.M.; WERNER, J.C.; ABRAMIDES, P.L.G. *et al.* Limitações nutricionais de um solo Podzólico vermelho Amarelo para o cultivo de três gramíneas forrageiras. **Boletim de Indústria Animal**, v.46, n.1, p.61-73, 1989.
- CARVALHO, C.A.B.; da SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F., *et al.* Demografia de perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim "tifton 85" sob pastejo. **Science Agricola**, v.57, n.4, p.591-600, 2000.
- CARVALHO M.M.; MARTINS, C.E.; VERNEQUE, R.S. *et al.* Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p.195-200, 1991.
- CAVALCANTE, M.A.B. **Características morfológicas, estruturais e acúmulo de forragem em relvado de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk sob pastejo, em diferentes alturas.** 2001, 64p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CHAPMAN, D.F., LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.) **Grasslands for Our World.** SIR Publishing, Wellington, p.55-64, 1993.
- CHASE, A. Grasses of Brazil and Venezuela. **Agriculture in the America**, v. 4, p.123-126, 1944.
- COELHO, F.S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo.** São Paulo: IEA, 1973. 384p.
- CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter production, tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum* Jacq.** Ames, 1984. 125p. Thesis (Ph. D). The Ohio State University.
- DAVIDSON, J.L., MILTHORPE, F.L. Leaf growth in *Dactylis glomerata* L. following defoliation. **Annals of Botany**, v.30, p.173-184, 1996.
- DETLING, J.K., PAINTER, E.L. Defoliation response of western wheat grass population with diverse histories of prairie dot grazing. **Oecologia**, v.51, p.65-71, 1980.
- DURU, M; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive grass leaves o a tiller ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, v. 85, p.635-643, 2000.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas.** São Paulo: EDUSP, 1975. 341p.
- FAOSTAT. <http://faostat.fao.org>. (14 jun. 2004).
- FISHER, M.J., KERRIDGE, P.C. 1996. The agronomy and physiology of *Brachiaria* species. In: MILES, J.W., MAASS, B.L., VALLE, C.B. (Eds). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement.** C.3. Cali: CIAT/Brasília: EMBRAPA-CNPGC, p.43-52.

- FRANÇA, A.F.S.; HAAG, H.P. Nutrição mineral de gramíneas tropicais. I. Carências nutricionais de capim-tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.62, p.83-95, 1985.
- FULKERSON, W.J.; SLACK, K. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. **Grass and forage Sci.**, v. 50, p.16-20, 1994.
- GARCEZ NETO, A.F., NASCIMENTO JÚNIOR, D., REGAZZI, A.J.; et al. 2002. Avaliação de características morfogênicas de *Panicum maximum* cv. Mombaça em resposta à adubação nitrogenada e alturas de corte. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, Recife, 2002. **Anais...** Recife: SBZ, 2002, p.101-103.
- GASTAL F., LEMAIRE G. Study of a tall fescue sward grown under nitrogen deficiency conditions. In: Meeting of the European Grassland Federation, 12, Dublin, 1988. **Proceedings...** Irish Grassland Association, Belclare, Ireland, p.323-327. 1988.
- GASTAL, F., NELSON, C.J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant physiology**, v.105, p.191-197, 1994.
- GHERI, E.O., CRUZ, M.C.P. da, FERREIRA, M.E., et al. Nível crítico de fósforo no solo para *Panicum maximum* Jacq. Tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1809-1816, 2000.
- GOMIDE, C.A.. **Morfogênese e análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.)**. 1997, 53p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- GOMIDE, J.A., GOMIDE C.A.M. Morphogenesis and growth analysis of *Panicum maximum* cultivars. In: International grassland congress, 18, Canadá, 1997. **Proceedings...** Canadá: Plant physiology and growth, p.65- 66, 1997.
- GRANT, S.A., BARTHAM, G.T., KING, L.T.J. *et al.* Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. **Grass and Forage Science**, v.43, p.29-39, 1988.
- HODGSON, J. **Grazing management: Science into practice**. New York: John Wiley and Sons, 1990, 203p.
- HODGSON, H., BIRCHAM, J.S., GRANT, S.A., et al. The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. In: WRIGHT, C.E. (Ed.) Plant physiology and herbage production. Occasional symposium 13. **Proceedings...** British Grassland Society, 1981, p.51-62.
- HOFFMANN, C.R.; FAQUIN, V.; GUEDES, G.A.A. *et al.* Níveis críticos de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em braquiária e colonião, cultivados em Latossolo da região noroeste do Paraná. In: Reunião Brasileira de Fertilidade

- do Solo e Nutrição de plantas, 20, Petrolina, PE, 1992. **Resumos...** Petrolina: UFP, 1992, p.102-103.
- HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley, 1995. 464p.
- HUME, D.E. Leaf and tiller production of prairie grass (*Bromus willdenowwii*) and two ryegrass (*Lolium*) species. **Annals of Botany**, v. 67, p.111-121, 1991.
- JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: Simpósio sobre manejo da pastagem. 12, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.21 – 58, 1995.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall. 1998. 816p.
- LANGER, R.H.M. **How grasses grow**. 2. ed. London: Edward Arnold, 1979. 65p.
- LANGER, R.H.M. Tillering in herbage grass. **Herbage Abstracts**, v.33, p.141-148, 1963.
- LAWLOR, D. W. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal Experimental Botany**, v. 46, p. 1449-1461, 1995.
- LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: Tissue turnover. In: GOMIDE, J. A. (Eds.) Simpósio Internacional sobre Produção animal em pastejo, 1, Viçosa 1997. **Anais...**Viçosa: UFV, 1997, p. 115-144.
- LEMAIRE, E., CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, I. ILLIUS, A. W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**, p.3-36, 1996.
- LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: Simpósio sobre calagem e adubação de pastagem, 1, Nova Odessa, SP, 1986. **Calagem e adubação de pastagem**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.145-174.
- LOCH, C. **A Interpretação de Imagens Aéreas. Noções Básicas e Algumas Aplicações nos Campos Profissionais**. Editora da UFSC, Florianópolis - SC, 1993.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1997. 889p.

- MARTIM, R.A. **Doses de nitrogênio e de potássio para a produção e composição dos capins Coastcross-1 e Tifton 85 em um Latossolo Vermelho-Amarelo.** 1997, 109p. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- MATTOS, W.T. **Diagnose nutricional de potássio em duas espécies de Braquiária.** 1997, 74p. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- MATTOS, H.B.; WERNER, J.C. Efeito do nitrogênio mineral e de leguminosas sobre a produção do capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 36, n. 1, p. 147-156, jan./jun. 1979.
- MacADAM, J.W., VOLENEC, J.J., CURTIS, J. N. Effects of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall fescue leaf blades. **Plant Physiology**, v.89, p.549-559, 1989.
- MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S. *et al.* **Fertilidade do solo.** São Paulo: Nobel, 1989. 400p.
- MENGEL, K., KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition.** 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D. *et al.* Cultivo de Brachiaria brizantha Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, v.52, n.1, p.135-41, 1995.
- MONTEIRO, F.A.; LIMA, S.A.A.; WERNER, J.C. *et al.* Adubação potássica em leguminosas e em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) adubado com níveis de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. **Boletim de Indústria Animal**, v.37, n.1, p.127-147, 1980.
- MOZZER, O.L. 1993. **Capim-elefante – curso de Pecuária Leiteira.** Coronel Pacheco: EMBRAPA/CNPGL. 2 ed. (Documento nº 43).
- NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagem. In: Simpósio sobre manejo da pastagem. 13, Piracicaba, 1996. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996, p. 59-121.
- NABINGER, C. Eficiência de uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: Simpósio sobre manejo da pastagem. 14, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997, p. 231-251, 1997.
- NABINGER, C. MEDEIROS, R.B. Produção de sementes em *Panicum maximum* Jacq. In: Simpósio Sobre Manejo Da Pastagem, 12, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 59-121, 1995.
- NASCIMENTO JÚNIOR, D., BARBOSA, R. B., MARCELINO, K.R.A., *et al.* A produção animal em pastagens no Brasil: uso do conhecimento técnico e resultados. In: PEIXOTO, A. M., MOURA, J.C. Da SILVA, S.C., De FARIA

- V.P.(Eds) Simpósio sobre manejo da pastagem, 20, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2003, p. 1-82, 2003.
- OLIVEIRA, M.A. **Características morfofisiológicas e valor nutritivo de gramíneas do gênero *Cynodon* sob diferentes condições de irrigação, fotoperíodo, adubação nitrogenada e idades de rebrota.** 2002, 142p. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- OLIVEIRA, M.A. **Morfogênese, análise de crescimento a valor nutritivo do capim do capim-Tifton-85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota.** 1999, 94p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- OTÓN, P.R.B. **Dinâmica da produção primária da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e oferta de forragem.** 2000, 191p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PACIULLO, D. S. C. **Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante Anão (*Pennisetum purpureum* Schum cv. MOTT) ao atingir 80 e 120 cm de altura sob diferentes doses de nitrogênio.** 1997. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PEDREIRA, C. G. S. **Plant and animal responses on grazed pastures of "Florakirk" and "Tifton 85" bermudagrasses.** 1995, 152 f. Thesis (PhD). University of Florida, Florida.
- PENATI, M.A., CORSI, M., MARTHA JR., G.B. et al. Manejo de plantas forrageiras no pastejo rotacionado. In: Simpósio Goiano sobre produção de bovinos de corte, Goiânia, GO, 1999. **Anais...**Goiânia: SBNA, 1999, p. 123-144.
- PEREIRA, W.L.M. **Doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva para o capim-mombaça.** 2001, 128p. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PINTO, J.C., GOMIDE, J.A., MAESTRI, M., LOPES, N.F. Crescimento de folhas de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v.23, n.3, p. 327-332, 1994.
- RICHARDS, J.H., MUELLER, R.J., MOTT, J.J. Tillering in tussock grasses in relation to defoliation and apical bud removal. **Annals of Botany**, v.62, p.173-179, 1988.
- ROCHA, G.L. Ecosystemas de pastagens: – aspectos dinâmicos. Piracicaba:SBZ;FEALQ, 1991. 391 p.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT Software: **Changes and enchancement through release 8.2.** Cary, 2000.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology.** 4.ed. Wadsworth: 1992, 682p.

- SANTOS, E.A., da SILVA, D.S., QUEIROZ FILHO, J.L. Perfilamento e algumas características do capim-elefante cv. Roxo sob quatro alturas de corte em duas épocas do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p. 24-30, 2001.
- SAVIDAN, Y.H.; JANK, L.7 COSTA, J.C.G. Registro de 25 acessos selecionados de *Panicum maximum*. Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC, 1990. **Documentos**, 44. p.27.
- SBRISSIA, A. F. **Morfogênese, dinâmica do perfilamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu sob lotação contínua**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2004. 177p. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens), ESALQ, 2004.
- SCHNYDER, H., SCHAEUFELE, R., VISSER, R. de *et al.* An integrated view of C and N uses in leaf growth zones of defoliated grasses. In: Lemaire, G. (ed.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Proceedings of an International Symposium*, Curitiba, Brazil, august 1999, p.75-96, 1999.
- SKINNER, R. H., NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10, 1995.
- SKINNER, R.H., NELSON, C.J. Role of leaf appearance rate and the coleoptile tiller in regulating tiller production. **Crop Science**, v.34, n.1, p.71-75, 1994.
- SILVA, A.A.; MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. *et al.* Potássio e sódio em capim Tanzânia –1 cultivado em solução nutritiva. (*compact disc*) In: Congresso brasileiro de ciência do solo. 26, Rio de Janeiro, 1997. **Resumos**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.
- SILSBURY, J.H. Leaf growth in pasture grasses. **Tropical Grassland**, v.4, p.17-36, 1970.
- SOUZA, R.F.. **Micorriza e fósforo no crescimento de espécies forrageiras em solo de baixa fertilidade**. 1998. 145 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792 p.
- Van ESBROECK, G.A., HUSSEY, M.A., SANDERSON, M.A. Leaf appearance rate and final leaf number of switchgrass cultivars. **Crop Science**, v.37, p.997-999, 1997.
- VOLENEC, J.J., NELSON, C.J. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue. II. Relationship to leaf elongation modified by nitrogen fertilization. **Plant Physiology**, v.74, p.595-600, 1984.
- VOLENEC, J.J., NELSON, C.J. Responses of Tall fescue leaf meristems to N fertilization and harvest frequency. **Crop Science**, v.23, p.720-724, 1983.

- WARD, C.Y., BLASER, R.E. Carbohydrate food reserves and leaf area in regrowth of orchardgrass. **Crop Science**, v.1, p.366-370, 1961.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagem de Brachiaria sp. In: Simpósio sobre manejo de pastagens. 11, Piracicaba, 1994. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 209-222.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagens. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. **Boletim Técnico**, 18.
- WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; CANTARELLA, H. *et al.* Forrageiras. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. p.263-273.
- WILHELM, W.W, McMASTER, G.S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v.35, n.1, p.1-3, 1995.
- WILMAN, D.; MARES MARTINS, V.M. Senescence and death of herbage during periods of regrowth in ryegrass and red and white clover, and the effect of applied nitrogen. **Journal of Applied Botany**, v. 41, n. 176, p. 1279-1286, 1977.
- ZIMMER, A.H., CORREA, E.S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto. In: Encontro sobre recuperação de pastagens, 1, 1993. **Anais...** Instituto de Zootecnia, 1993.
- ZIMMER, A.H.; EUCLIDES FILHO K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: Gomide, J. A. (Ed.) Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. **Anais...**UFV, Viçosa-MG, p.349-379, 1997.