

AMÉRICO FRÓES GARCEZ NETO

RESPOSTAS MORFOGÊNICAS E PRODUÇÃO DE *Panicum maximum*
cv. Mombaça SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA E ALTURAS DE CORTE

Tese 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
2001

AMÉRICO FRÓES GARCEZ NETO

RESPOSTAS MORFOGÊNICAS E PRODUÇÃO DE *Panicum maximum*
cv. MOMBAÇA SOB DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA E ALTURAS DE CORTE

Tese 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: 23 de maio de 2001

Prof. Dilermando Miranda da Fonseca
(Conselheiro)

Prof. Paulo Roberto Mosquim
(Conselheiro)

Prof. Sila Carneiro da Silva

Prof. Carlos A. Martinez y Huaman

Prof. Domicio do Nascimento Junior
(Orientador)

Ao meu pai Américo Garcez.
À minha mãe Graça Garcez.
Ao meu amigo e irmão Eduardo.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

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

Ao Professor Domicio do Nascimento Júnior, pela oportunidade de realização do projeto, confiança e ensinamentos.

Aos professores conselheiros Adair José Regazzi, Dilermando Miranda Fonseca e Paulo Roberto Mosquim, pelas significativas contribuições ao andamento e conclusão do presente trabalho.

À gratificante presença do Professor Sila Carneiro da Silva, pelas suas críticas e sugestões.

À bolsista de iniciação científica do CNPq, Kátia Fernanda Gobbi, pela sua dedicação ao longo de todo o projeto, apoio e amizade.

Aos funcionários da Unidade de Crescimento de Plantas, pela ajuda e compreensão.

Aos colegas de curso que por suas sugestões, idéias e críticas enriqueceram o meu aprendizado e experiência no desenvolvimento do espírito científico.

Ao incentivo e amizade do colega colombiano Nelson Rodriguez L.

À todos os colegas que fizeram parte da minha vida acadêmica nesta Universidade, pelo reencontro e convivência.

À minha família, que no exemplo de amor, carinho e dedicação deixado por um Pai sempre presente em nossa vida, encontrou força para continuar a ser feliz.

BIOGRAFIA

Américo Fróes Garcez Neto, filho de Américo Teixeira Garcez e Maria das Graças Wanderley Garcez, nasceu em Salvador, Bahia, em 04 de março de 1972.

Em fevereiro de 1997, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais.

Em abril de 1999, iniciou o curso de mestrado em Zootecnia, na área de Forragicultura e Pastagens, nesta Universidade.

ÍNDICE

	Página
Resumo	viii
Abstract	x
1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica	4
3. Metodologia	19
3.1. Delineamento experimental	22
3.2. Avaliações	23
3.2.1. Variáveis morfogênicas.....	26
3.2.2. Variáveis estruturais.....	26
3.2.3. Medidas de produção.....	26
3.3. Análise Estatística	28
4. Resultados e Discussão	29
4.1. Crescimento e desenvolvimento de folhas	29
4.1.1. Taxa de aparecimento de folhas e filocrono.....	30
4.1.2. Taxa de alongamento de folhas.....	33

4.1.3. Duração de vida da folha.....	37
4.1.4. Duração do alongamento da folha.....	40
4.2. Mudanças estruturais do perfilho.....	42
4.2.1. Comprimento final da folha.....	42
4.2.2. Número de folhas por perfilho.....	44
4.2.3. Número de perfilhos.....	46
4.3. Produção de matéria seca.....	50
5. Resumo e Conclusões.....	57
6. Referências bibliográficas.....	60
7. Apêndice.....	67

RESUMO

GARCEZ NETO, Américo Fróes, M.S. Universidade Federal de Viçosa, maio de 2001. **Respostas morfogênicas e produção de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte.** Orientador: Domicio do Nascimento Junior. Conselheiros: Adair José Regazzi, Paulo Roberto Mosquim e Dilermando Miranda da Fonseca.

As características morfogênicas, estruturais e de produção da gramínea *Panicum maximum* cv. Mombaça foram estudadas em função de diferentes níveis de suprimento de nitrogênio e alturas de corte. O estudo foi conduzido em casa-de-vegetação, sob condição de luz e temperatura natural. Foram avaliadas quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 mg/dm³) e três alturas de corte (5, 10 e 20 cm), constituindo um experimento fatorial 4 X 3 no delineamento em blocos completos casualizados, com três repetições. As avaliações morfogênicas englobaram as taxas de aparecimento e alongamento de folhas, filocrono, duração de vida e alongamento da folha. As estruturais avaliaram o número de folhas, o número de perfilhos e o comprimento final da lâmina foliar. A combinação das variáveis morfogênicas e estruturais serviu para dar suporte aos dados de produção, tanto em termos de biomassa total como de biomassa de perfilhos. Foi bastante expressiva a resposta da

gramínea quanto as suas características morfogênicas em relação ao suprimento de nitrogênio na rebrotação, caracterizando importante papel do nitrogênio como ferramenta para manipular a estrutura da planta. Todas as variáveis no estudo responderam positivamente ao suprimento de nitrogênio, com exceção do filocrono, que foi reduzido pelo efeito nutricional e da duração do alongamento da lâmina foliar. As diferenças nas alturas de corte foram significativas na caracterização da duração de vida e alongamento de folha assim como para o comprimento de folhas, número de folhas verdes por perfilho e produção de biomassa. As taxas de alongamento e aparecimento de folhas foram incrementadas em até 133 e 104%, respectivamente, pelo aumento na disponibilidade de N. A relação entre ambas variáveis foi determinante na caracterização das principais mudanças vegetativas observadas. A grande resposta nas características morfogênicas do cultivar estudado constitui eficiente meio para manipular a estrutura do dossel, possibilitando melhor alocação dos recursos produtivos no processo de crescimento e desenvolvimento da planta.

ABSTRACT

GARCEZ NETO, Américo Fróes, M.S. Universidade Federal de Viçosa, May 2001. **Morphogenetic responses and yield of *Panicum maximum* cv. Mombaça on different levels of nitrogen fertilization and cutting regimes.** Adviser: Domicio do Nascimento Junior. Committee Members: Adair José Regazzi, Paulo Roberto Mosquim and Dilermando Miranda da Fonseca.

The morphogenetic, structural and yield characteristics of *Panicum maximum* cv. Mombaça were evaluated in response to different levels of nitrogen supply and cut regimes. The study was conducted in a glasshouse with natural conditions of light and temperature. Treatments corresponded to four levels of nitrogen supply (0, 50, 100 and 200 mg/dm³ of N) and three cutting heights (5, 10 and 20 cm), constituting a 4X3 factorial arrangement in a complete randomized block design with three replications. The morphogenetic evaluations included leaf appearance and elongation rate, phyllochrone, leaf lifespan and leaf elongation duration. The structural measurements were: number of leaves, number of tillers and leaf lamina length of fully expanded leaves. The combination of morphogenetic and structural variables provided support to the yield data, both in terms of total biomass and tiller biomass. The morphogenetic

responses was affected by nitrogen supply during regrowth, highlighting the importance of that nutrient for manipulating sward structure. All variables responded positively to nitrogen supply, except phyllochrone and leaf elongation duration. Cutting height had a significant effect on leaf lifespan, leaf elongation duration, leaf lamina length of fully expanded leaves, number of green leaves per tiller and biomass yield. Leaf appearance and elongation rate per tiller were increased in 133 and 104%, respectively, by nitrogen supply. The relationship between both group of variables was determinant for the characterization of the main vegetative changes on plants. The responses observed on morphogenetic characteristics comprise an efficient attribute to manipulate canopy structure, allowing improved allocation of productive resources to growth and developmental processes.

1. INTRODUÇÃO

A produção animal pode ser visualizada, basicamente, como um processo de três estádios: crescimento da planta forrageira, utilização da forragem produzida e sua conversão em produto animal (HODGSON, 1990). A produção forrageira, como resultado dos processos de crescimento e desenvolvimento, pode ter sua eficiência substancialmente melhorada pelo aumento do uso de fertilizantes, principalmente do nitrogênio, através do expressivo aumento no fluxo de tecidos (DURU e DUCROCQ, 2000A; SIMON e LEMAIRE, 1987).

O sucesso da utilização de pastagens depende não só da disponibilidade de nutrientes ou da escolha da planta forrageira a ser utilizada, mas também da compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e sua interação com o ambiente, ponto fundamental para suportar tanto o crescimento quanto a manutenção da capacidade produtiva da pastagem. Os estudos de fluxo de tecidos através de processos morfogênéticos vem se constituindo numa importante ferramenta para avaliação da dinâmica de folhas e perfilhos em comunidade de plantas forrageiras.

Num pasto em crescimento vegetativo no qual apenas folhas são produzidas, a morfogênese pode ser descrita por três características básicas: taxa de aparecimento de folhas, taxa de alongamento de folhas e

duração de vida da folha. A combinação dessas variáveis morfológicas básicas determina as principais características estruturais das pastagens: tamanho da folha, densidade populacional de perfilhos e número de folhas vivas por perfilho. A taxa de aparecimento de folhas exerce papel central na morfogênese por causa de sua influência direta sobre cada um dos três componentes da estrutura da pastagem (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

Taxas de crescimento individuais podem ser controladas, basicamente, por dois fatores principais. O suprimento de energia para fotossíntese, que reflete o tamanho e a eficiência fotossintética do dossel, e o número e atividade de pontos de crescimento, caracterizado pelo potencial de perfilhamento (perfilhos/m²) (HODGSON, 1990).

A produção de novos perfilhos é, normalmente, um processo contínuo, o qual pode ser acelerado pela desfolhação da planta e conseqüente melhoria do ambiente luminoso na base do pasto. Perfilhos individuais tem uma duração de vida limitada e variável, em função de fatores bióticos e abióticos, de modo que a sua população pode ser mantida por uma contínua reposição dos perfilhos mortos. Tal comportamento é ponto chave à perenidade das gramíneas.

O conjunto de processos envolvendo as transformações da planta frente a fatores bióticos e abióticos ao longo do tempo caracteriza a resposta fenotípica, como resultado de mudanças nas características morfológicas. LEMAIRE e AGNUSDEI (1999) caracterizaram essas mudanças como um processo progressivo e irreversível altamente regulado, onde qualquer mudança estrutural resulta em respostas morfológicas das plantas e nova estrutura do dossel.

Significativo fluxo de carbono para os meristemas apicais após a desfolhação tem sido caracterizado como uma importante resposta adaptativa da planta para sua recuperação. Esse fluxo, no entanto, parece ser fortemente influenciado pelos processos de absorção, partição e reciclagem de nitrogênio. A utilização de carbono em atividades meristemáticas associadas a processos morfológicos tem se mostrado bastante dependente de uma adequada nutrição nitrogenada (GASTAL et al., 1992).

O balanço entre os fluxos de carbono, nitrogênio e água em resposta a desfolhação representa uma alocação de recursos produtivos geradas pelas perturbações no sistema solo-planta-ambiente.

Em virtude dessa constatada associação entre C e N na planta e do papel do N em várias características morfogênicas envolvendo a dinâmica de folhas e perfilhos, faz-se necessário novos estudos de avaliação em gramíneas forrageiras quanto ao seu potencial de resposta a adubação nitrogenada.

Este trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar em que magnitude o fator nutricional, através do suprimento de nitrogênio, e os regimes de corte, através de diferentes alturas de corte, afetam as características morfogênicas, estruturais e o incremento de massa seca da gramínea *Panicum maximum* cv. Mombaça.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção animal representa uma produção secundária num sistema em que a produção primária é representada pela produção vegetal, constituída pelas plantas forrageiras. A produção primária é dependente tanto de fatores bióticos quanto abióticos. A atmosfera, além de fornecer ao sistema carbono para ser fixado na forma de compostos orgânicos, também é responsável pelo ambiente térmico que regula as reações enzimáticas das plantas. E, portanto, sua velocidade potencial de desenvolvimento. O solo representa a fonte primária de água e nutrientes. A disponibilidade de radiação, temperatura, água e nutrientes representam os pontos fundamentais para a produtividade primária em qualquer ecossistema de pastagens (NABINGER,1997).

O desenvolvimento, crescimento e senescência de folhas e perfilhos constituem os processos fisiológicos que determinam a dinâmica de ecossistemas formados por plantas forrageiras. É importante destacar que desenvolvimento e crescimento são processos distintos, porém relacionados. Infelizmente esses processos são freqüentemente confundidos ou concebidos como sinônimos. Em alguns casos, essa confusão não limita o entendimento dos processos. Contudo, em outros casos, a distinção entre os dois processos é crítica ao entendimento de conceitos.

Crescimento pode ser definido de várias formas, mas a mais aceitável é um aumento permanente no volume (WILHELM e McMASTER, 1995). Como volume é definido pelo produto de três dimensões lineares, crescimento pode também ser definido simplesmente como o aumento irreversível de um indivíduo ou órgão no tempo (aumento na área foliar). Na agricultura, onde o propósito da maior parte das empresas é converter energia solar em matéria seca, uma definição igualmente útil de crescimento é o de aumento no peso de matéria seca (WILHELM e McMASTER, 1995).

Desenvolvimento é um termo um pouco mais difícil de ser definido, pois inclui os processos de iniciação do órgão (morfogênese), mas se estende à diferenciação e, finalmente, deve incluir o processo de senescência. Os processos pelos quais as plantas, órgãos ou células passam através de vários estádios identificáveis durante seu ciclo de vida podem ser considerados uma definição funcional de desenvolvimento (WILHELM e McMASTER, 1995).

Geralmente, crescimento e desenvolvimento ocorrem simultaneamente. Contudo, os dois processos não são mutuamente inclusivos ou exclusivos. Em determinadas condições, um pode ocorrer sem o outro. Estresse ambiental freqüentemente permite o avanço do desenvolvimento enquanto paralisa o crescimento (WILHELM e McMASTER, 1995). Um aspecto importante na discussão do desenvolvimento é a dimensão implícita do tempo, onde o intervalo entre eventos pode ser medido de muitas formas: horas de relógio, unidades térmicas ou fototérmicas.

Portanto, o estudo da origem e do desenvolvimento dos diferentes órgãos num organismo, a sucessão de eventos determinantes da produção, expansão e forma da planta no espaço é o que se pode definir como morfogênese (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996, SATTLER e RUTISHAUSER, 1997).

O intenso esforço de pesquisadores, em seus trabalhos iniciais, em tornar as culturas mais produtivas através de práticas intensivas de manejo baseava-se nas taxas em que as plantas se desenvolviam morfológicamente. Foi na tentativa de melhor validar os estudos de

produção que esses pesquisadores passaram a se utilizar, de forma mais aplicada, de escalas de desenvolvimento vegetal e a estudar as respostas das plantas a fatores ambientais para caracterizar o desenvolvimento vegetal (FRANK e BAUER, 1995).

O desenvolvimento de folhas e perfilhos, alongamento do colmo e desenvolvimento radicular caracterizam o desenvolvimento vegetativo de uma planta (SILSBURY, 1970). Em um pasto em crescimento vegetativo no qual apenas folhas são produzidas, a morfogênese pode ser descrita por três características básicas: taxa de aparecimento de folhas, taxa de alongamento de folhas e duração de vida da folha. A combinação destas variáveis morfogênicas básicas determina as principais características estruturais das pastagens: tamanho da folha, densidade populacional de perfilhos e número de folhas vivas por perfilho. A taxa de aparecimento de folhas exerce papel central na morfogênese por causa de sua influência direta sobre cada um dos três componentes da estrutura do pasto (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

O desenvolvimento e crescimento de folhas em perfilhos individuais podem ser medidos de várias formas; por exemplo, o intervalo entre a iniciação de primórdios foliares sucessivos no meristema apical (plastocrono) e o intervalo entre o aparecimento de folhas que se tornam visíveis externamente (filocrono). Essas duas formas não são necessariamente a mesma coisa. Em algumas condições a iniciação se processa mais rapidamente que o aparecimento, de modo que há, conseqüentemente, um acúmulo de primórdios (LANGER, 1974). Em algumas plantas, tipicamente gramíneas forrageiras, o meristema pode ser tão longo a ponto de comportar 12 ou mais primórdios. Nessas espécies, o número de primórdios acumulados varia grandemente com as condições ambientais, sugerindo que mecanismos específicos controlam a iniciação de primórdios e o início do alongamento das folhas, conduzindo ao aparecimento do ápice foliar.

Há pouco estudo em relação aos fatores que influenciam a taxa de iniciação de primórdios foliares, e que isso provavelmente ocorre em razão da maior praticidade da observação do aparecimento de folhas em relação à iniciação de primórdios foliares (LANGER, 1974). Quando o

estudo de morfogênese se dá em nível de perfilho, o aparecimento de folhas sucessivas é o que melhor caracteriza a dinâmica de tecidos foliares (LEMAIRE e AGNUSDEI, 1999).

Quando se faz referência ao primórdio foliar, vale destacar como se processa a morfogênese quanto ao aspecto histológico do desenvolvimento.

Inicialmente todo o primórdio é meristemático. Com o tempo, a atividade de divisão fica limitada a um meristema intercalar próximo ao ponto de iniciação do primórdio. A região é então dividida em duas zonas através da formação de uma faixa (intermediária) parenquimática de células, a qual dará origem à lígula. Esse evento marca o início do desenvolvimento distinto dentro do órgão foliar, a atividade meristemática da camada superior conduzirá ao crescimento da lâmina, enquanto que a atividade meristemática da camada inferior conduzirá ao crescimento da bainha. A divisão e o alongamento de células nessas regiões faz com que a lâmina se mova para cima por dentro do tubo formado pelas bainhas das folhas mais velhas até ser exposta. A atividade meristemática da lâmina chega ao fim quando a lígula é diferenciada. Nesse ponto a lâmina alcança o seu comprimento final ou máximo (LANGER, 1974). A exposição da lígula marca a transição entre o alongamento da lâmina e o alongamento da bainha. A bainha só começa a se expandir ativamente quando o alongamento da lâmina é reduzido (SCHNYDER et al., 1999).

A partir da análise de como a folha se desenvolve e cresce num determinado perfilho, pode-se fazer duas inferências importantes. Uma, de que o ápice foliar representa a porção mais velha da folha e que a sua base a porção mais jovem. A segunda, que não só as folhas que se desenvolvem dos meristemas na base dos perfilhos, mas também as folhas subsequentes, se originam de meristemas os quais podem escapar de serem danificados pela ação de corte ou pastejo.

Dependendo do estágio de crescimento as folhas podem ser afetadas de diferentes maneiras pelo corte ou pastejo. As folhas mais velhas terão alcançado seu comprimento final e não retomarão mais o crescimento, Já as folhas recém expandidas não retomarão o crescimento da lâmina, mas a bainha, ainda ativa, poderá elevar a lâmina acima da

altura de desfolhação. As folhas ainda mais jovens terão perdido apenas o ápice foliar ou escapado do corte. A associação de todos esses eventos em um único perfilho representa a característica dinâmica de como se processa o fluxo de tecidos e as suas conseqüências numa comunidade de plantas (LANGER, 1974).

Em relação ao aparecimento de folhas, é importante destacar que em qualquer momento apenas um número limitado de folhas estará em alongamento. Enquanto a folha mais jovem está apenas aparecendo, aquela logo abaixo está se alongando rapidamente e outra, mais velha, já atingiu ou está atingindo o seu comprimento final, definindo, portanto, um padrão característico em função da espécie e do ambiente.

O aumento do comprimento da bainha pode deprimir a taxa de aparecimento de folhas, uma vez que haverá a necessidade de mais tempo para a nova folha percorrer um maior comprimento do cartucho (pseudocolmo). Esse maior comprimento pode estar associado ao aumento no número de folhas na haste principal. Como cada nova folha formada se insere num ponto mais elevado da haste, dois fenômenos podem ser caracterizados: uma maior altura da haste (distância entre o nível do solo e a lígula da folha recém expandida) e um maior comprimento final da folha. Vários fatores podem influenciar o comportamento da dinâmica de hastes e folhas em perfilhos individuais, levando a haste a se alongar em maior ou menor intensidade e, conseqüentemente, alterar o comprimento da folha. HAY e BROWN (1988) encontraram em *Allium porrum* L., durante o estágio vegetativo, que a taxa de alongamento de folhas era constante e independente do número de folhas. Mesmo embora o comprimento da bainha aumentasse com o número de folhas, o filocrono permaneceu constante, sugerindo que o início do alongamento foliar era acelerado a cada nova folha formada.

O tempo entre a iniciação do primórdio foliar no meristema e o aparecimento subsequente da folha acima do cartucho formado pela bainha das folhas mais velhas representa um período de crescimento influenciado tanto pela taxa de alongamento como pelo comprimento da bainha (SKINNER e NELSON, 1995). Um aumento na taxa de

alongamento parece coincidir com um aumento na divisão celular, resultando em um maior número de células em alongamento num dado momento.

A zona de alongamento é um dreno ativo para a alocação de carboidratos e nutrientes. Foi observado que a alocação líquida de matéria seca é mais alta na zona de alongamento, respondendo por 78% da deposição total dentro da folha. Os outros 22% foram depositados no tecido recém alongado, junto a zona de alongamento (ALLARD e NELSON, 1991). Cerca de metade da matéria seca depositada na zona de alongamento é de material estrutural e a outra metade está na forma de carboidratos solúveis. O nitrogênio é também depositado preferencialmente na zona de alongamento foliar, com máxima deposição ocorrendo na zona de divisão celular (GASTAL e NELSON, 1994). MacADAM et al. (1989) observaram que o N afetou a taxa de alongamento de folhas quase que exclusivamente através da produção de novas células. Muito pouca alocação de N ocorre além da zona de alongamento, sugerindo que a síntese da rubisco é dependente do acúmulo dos primeiros compostos nitrogenados usados durante a divisão celular e, então, translocados durante o alongamento e maturação celular (SKINNER e NELSON, 1995).

A zona de alongamento é local de maciço influxo de água, o que também condiciona o processo de alongamento celular. A zona de crescimento foliar freqüentemente acumula carboidratos além do necessário para o crescimento (VOLENEC e NELSON, 1984), resultando em uma pobre correlação entre concentração de carboidratos e taxa de alongamento das folhas. Contrariamente, o teor de N da zona de crescimento foi altamente correlacionado com a taxa de alongamento foliar, sugerindo que o alongamento de folha é normalmente limitado pelo suprimento de N, mas não por carboidratos (GASTAL e NELSON, 1994).

O estágio final do alongamento ocorre quando a divisão celular é paralisada na base da lâmina foliar. Como o suprimento de novas células para o crescimento foliar é cessado e as células mais velhas alcançam seu comprimento final, a zona de alongamento é reduzida, levando a taxa

de alongamento a diminuir até que as células alcancem seu comprimento final e o alongamento cesse (SKINNER e NELSON, 1995).

No processo de desenvolvimento e expansão completa de folhas, o período de tempo observado entre o aparecimento de duas folhas sucessivas é determinado geneticamente e condicionado pelos fatores do meio ambiente como luz, água, temperatura, nutrientes presentes no solo, estação do ano e intensidade de desfolha (SILSBURY, 1970; LAWLOR, 1995; BARBOSA et al., 1996; GRANT et al., 1981).

Em um trabalho onde avaliou-se o efeito da adubação nitrogenada sobre a taxa de aparecimento de folhas em plântulas de *Lolium temulentum* L., foi verificado que esta passou de 0,046 para 0,134 folhas por dia, quando o nível de N em solução nutritiva foi elevado em 120 ppm (THOMAS, 1983). Em um outro trabalho, GOMIDE et al. (1998) não verificaram efeito da adubação nitrogenada sobre a taxa de aparecimento de folhas das gramíneas estudadas.

A adubação parece ter pouco efeito sobre a taxa de aparecimento de folhas. Somente o suprimento de nitrogênio tem mostrado algum efeito através de aumentos pequenos dessa taxa (LANGER, 1974). Outros pesquisadores também verificaram comportamento semelhante em relação a mesma característica (CRUZ e BOVAL, 1999; FRANK e BAUER, 1982; WILMAN et al., 1977; MIGLIETA, 1991).

No entanto, o trabalho de THOMAS (1983) foi ratificado por outros resultados experimentais, que demonstraram o efeito positivo do N sobre a taxa de aparecimento de folhas (LONGNECKER et al. 1993; DURU e DUCROCQ, 2000AB).

A medida da taxa de aparecimento de folhas expressa o número médio de folhas surgidas por perfilho em um determinado período de tempo. O inverso da taxa de aparecimento de folhas estima o intervalo de aparecimento de folhas ou filocrono, ou seja, estima o número de dias entre o aparecimento de duas folhas sucessivas (WILHELM e MACMASTER, 1995). O filocrono tem sido amplamente aceito em estudos de modelagem para prever o desenvolvimento vegetal e por produtores para determinar o momento ideal para a utilização de práticas de manejo, tais como fertilização e aplicação de pesticidas (FRANK e BAUER, 1995).

O filocrono também pode ser definido em termos de tempo térmico. Essa é uma consideração importante, pois se o crescimento de uma forrageira não pode ser medida pelo calendário humano, este também não pode ser utilizado para definir práticas de manejo, a menos que as condições de temperatura e radiação sejam constantes ao longo do tempo e também não ocorram limitações hídricas e nutricionais (NABINGER, 1997). O intervalo de aparecimento de folhas, em termos de tempo térmico, é caracterizado como a quantidade de graus-dia para formar uma folha (filocrono). O acúmulo de folhas no perfilho pode ser representado por uma função linear do acúmulo de graus-dia e o coeficiente angular dessa função seria o filocrono.

A definição do tempo térmico em graus-dia é, na verdade, uma forma de avaliar o crescimento de folhas no dossel integrando ao calendário humano uma unidade de tempo às quais as plantas sejam responsivas, nesse caso as temperaturas a que as plantas estão expostas a cada dia (NABINGER, 1997). Para algumas espécies o filocrono aparece como um parâmetro relativamente constante quando expresso em termos de tempo térmico, fornecendo uma escala de tempo base para o estudo da morfogênese (LEMAIRE e AGNUSDEI, 1999).

Os dois principais componentes que caracterizam o desenvolvimento vegetal são o número de folhas e a quantidade de graus-dia necessária para uma folha se desenvolver completamente (FRANK e BAUER, 1995).

O número de folhas geradas em um perfilho representa uma valiosa referência ao potencial de perfilhamento, pois cada gema axilar associada a uma folha gerada pode, potencialmente, gerar um novo perfilho e, portanto, alterar a estrutura de uma comunidade de plantas. Considerando um atraso de aproximadamente dois filocronos (ou mais dependendo da espécie) entre o aparecimento de uma dada folha e o surgimento de um novo perfilho dela originado, é possível calcular diretamente o número máximo de perfilhos que podem aparecer durante um filocrono, possibilitando, portanto, a formação do conceito de “site filling” ou ocupação de sítios (LEMAIRE e AGNUSDEI, 1999).

O filocrono correlaciona-se positivamente com a produção de forragem e o peso do perfilho, porém negativamente com o número de perfilhos por planta (HORST et al., 1978). ROBSON (1973) verificou que o intervalo de aparecimento de folhas do azevém perene (*Lolium perenne* L.) aumentou quando o relvado se tornou mais denso, ou seja, com maior número de perfilhos. O aumento do filocrono ocorre em razão do aumento do tempo necessário para a nova folha percorrer a distância entre o meristema apical e a extremidade do pseudocolmo formado pelas bainhas das folhas mais velhas, que aumenta sucessivamente a cada nova folha formada (SKINNER e NELSON, 1995).

Outro aspecto importante a ser considerado e que pode ser obtido da análise do filocrono, é o número máximo de folhas vivas por haste. Essa é uma constante genotípica (DAVIES, 1988) e que corresponde à duração de vida das folhas expressa em número de intervalos de aparecimento de folhas, ou seja, em número de filocronos. A duração de vida da folha representa o período de tempo no qual a folha permanece verde sobre o perfilho sem que haja qualquer perda por senescência (LEMAIRE e AGNUSDEI, 1999). Assim sendo, para o *Lolium perenne*, que tem um filocrono de 110 graus-dia e um número máximo de três folhas vivas, a duração de vida da folha é de 330 graus-dia, enquanto a *Festuca*, cujo filocrono é de 230 graus-dia e 2,5 folhas vivas por perfilho, tem uma duração de vida da folha de 570 graus-dia (LEMAIRE, 1988).

O conhecimento da duração de vida das folhas é de grande importância para o manejo das pastagens. Essa característica pode permitir fazer uma aproximação do potencial de rendimento de material vivo que a pastagem pode produzir e também inferências na determinação da intensidade de pastejo sob lotação contínua ou da frequência do pastejo num pastejo rotativo (NABINGER, 1997).

Pesquisadores já propuseram o momento da desfolha baseado no intervalo de aparecimento de folhas no perfilho ou no número constante de folhas do perfilho, com o intuito de se reduzir as perdas por senescência (GRANT et al., 1988; FULKERSON e SLACK, 1995; GOMIDE, 1997B). No entanto, as variações no intervalo de aparecimento e no número de folhas por perfilho em função das condições de meio e de

manejo, além das diferenças entre espécies, limitam a aplicação prática desse proposição (SANTOS et al, 1999).

HODGSON (1990) afirma que a taxa de crescimento de determinada espécie forrageira dentro de um certo ecossistema caracteriza o potencial de produção da pastagem, mas é a quantidade de forragem consumida através do pastejo que representa esse potencial modificado pela eficiência de utilização. A produção animal, sustentada na exploração de pastagens, reflete o balanço entre os processos de crescimento, senescência e consumo como resposta à diferentes propostas de manejo. A produção animal, assim suportada, pode ser caracterizada basicamente por três processos: crescimento da planta forrageira, utilização da forragem produzida e sua conversão em produto animal (HODGSON, 1990). A produção forrageira, como resultado dos processos de crescimento e desenvolvimento, pode ser substancialmente melhorada pelo aumento do uso de fertilizantes, particularmente nitrogênio.

Taxas de crescimento individuais podem ser controladas, basicamente, por dois fatores principais. O suprimento de energia para fotossíntese, que reflete o tamanho e a eficiência fotossintética do dossel e o número e atividade de pontos de crescimento, caracterizados pelo potencial de perfilhamento (perfilhos/m²) (HODGSON, 1990).

A produção de novos perfilhos é, normalmente, um processo contínuo, o qual pode ser acelerado pela desfolhação da planta e conseqüente melhoria do ambiente luminoso na base do dossel. Perfilhos individuais têm uma duração de vida limitada e variável em função de fatores bióticos e abióticos, de modo que a sua população pode ser mantida por uma contínua reposição dos perfilhos mortos. Esse comportamento pode ser mantido quase que indefinidamente por várias espécies de gramíneas e é o que garante a sua perenidade (LANGER, 1974).

Além da densidade populacional, a distribuição de perfilhos no local de pastejo pode revelar como a produção forrageira estará disposta para corte ou consumo pelo animal. Tal característica constitui ponto chave no manejo de pastagens. Além de interferir no padrão de consumo via

comportamento ingestivo, a distribuição de perfilhos define a estratégia da planta na captura de energia e, conseqüentemente, no tipo de crescimento a ser estabelecido (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

A relação inversa entre tamanho ou peso de perfilhos e a densidade populacional é caracterizada em vários trabalhos citados por GOMIDE (1997A). Em situação de alta densidade populacional é interessante ao manejador otimizar o tamanho de perfilhos como instrumento para maiores produções forrageiras. Já em situações de baixa densidade populacional maior vantagem viria de uma melhor e maior cobertura da área, de modo a preencher os espaços com maior número de perfilhos (GOMIDE, 1997A).

A composição da produção forrageira e sua relação com o perfilhamento pode também ser alterada em função do estágio fenológico da planta. Por exemplo, a mudança da fase vegetativa para a reprodutiva estabelece um menor potencial para geração de novos perfilhos. No entanto, nessa situação os perfilhos existentes mostram maior crescimento, possibilitando maior acúmulo de matéria seca (LANGER, 1974).

Há vários trabalhos relatando o efeito nutricional, da temperatura e da luminosidade sobre o perfilhamento (LANGER, 1974). Entre esses três fatores, parece que o efeito nutricional seria o mais significativo, já que o perfilhamento implica numa grande atividade meristemática e alongamento celular. Dentre todos os nutrientes, sugere-se que o nitrogênio seja o mais importante. Em um ensaio usando N, P e K em plantas forrageiras, a resposta a P e K foi dependente da resposta ao N, apesar de todos os elementos serem significativos para a elevação do número de perfilhos.

Em dosséis muito fechados, o efeito do corte pode provocar maior perfilhamento por possibilitar melhor ambiente luminoso para a ativação de gemas basilares, o mesmo efeito sendo limitado em estandes esparsos (GOMIDE, 1997A).

Fatores como luz, temperatura, disponibilidade de água e nutrientes afetam o filocrono (DALE, 1982). Dessa forma é de se esperar que adubações em pastagens possam de alguma forma influir no

comportamento das plantas quanto ao tempo necessário para o aparecimento de folhas e alterar o padrão de crescimento da planta forrageira, exigindo modificações no manejo a fim de otimizar os investimentos em insumos, como fertilizantes, e a colheita da forragem produzida.

Antes de uma análise detalhada dos fatores do meio que agem sobre o crescimento de espécies forrageiras, é importante que se faça uma análise prévia individual dos mecanismos que determinam a oferta de carbono e também daqueles que determinam a sua demanda. Após a avaliação desses mecanismos, convém analisar o resultado desses efeitos simultâneos sobre a repartição de assimilados entre parte aérea e radicular (NABINGER, 1997).

Considerando que o carbono é o principal constituinte dos tecidos vegetais, a taxa de acúmulo de biomassa na pastagem é determinada pela taxa com que o carbono se acumula. O acúmulo de carbono é influenciado pelo teor de nitrogênio no tecido vegetal. Assim sendo, a dinâmica dos dois recursos para o crescimento da planta, tanto o C quanto o N, estão intimamente associadas. Dado que o C é adquirido pelas folhas e o N pelas raízes, os fluxos de tecidos nas plantas só podem ser completamente entendidos pela análise da absorção, distribuição e utilização desses recursos pelas raízes e parte aérea. O suprimento de C após desfolhações mais severas em pastejos rotativos é principalmente dependente da dinâmica de expansão da área foliar. Em pastagens utilizadas continuamente, esse suprimento é determinado pelo índice de área foliar no qual a pastagem é mantida em equilíbrio. Portanto o índice de área foliar parece ser uma importante variável na determinação da condição da pastagem (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

Em pastagens mantidas em um mesmo índice de área foliar, o nitrogênio mostrou influenciar somente a fotossíntese bruta (GASTAL e BELANGER, 1993). O efeito do nitrogênio na fotossíntese líquida é pequeno comparado com o seu efeito sobre o crescimento da forrageira, particularmente na dinâmica da expansão do índice de área foliar (BÉLANGER et al., 1992A), e nas mudanças no padrão de distribuição de assimilados entre parte aérea e raízes (BÉLANGER et al., 1992B). No

índice de área foliar ótimo, o C fixado apenas equilibra a demanda respiratória extra criada pela presença de nova área foliar. Desse modo, a assimilação líquida para suportar a produção de novos tecidos alcança uma assíntota, e tipicamente se equipara a 55-60% da fotossíntese bruta (ROBSON, 1973).

Estudos com grande número de gramíneas C_3 e C_4 têm demonstrado que o crescimento radicular é paralisado após a remoção de 50% ou mais da parte aérea (RICHARDS, 1993). O papel das raízes como dreno para assimilados e sua interação com o suprimento de C na planta como um todo, enfatiza as limitações da análise de crescimento da pastagem por meio das trocas de CO_2 ou de medidas de crescimento da parte aérea de forma isolada. A utilização de C por diferentes tecidos meristemáticos da planta tem que ser considerada se o objetivo for compreender a produção de novos tecidos em comunidades de plantas sob pastejo dentro de um contexto realístico de desfolhação variável e de condições de suprimento de nutrientes variáveis (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996). Tecidos meristemáticos necessitam da energia derivada da fotossíntese para suportar crescimento e regenerar partes da planta removidas pelo corte ou pastejo. Isso pode ser demonstrado pelo fato de que o aporte de fotoassimilados em direção às raízes após a desfolha é pequeno ou nulo, predominando o fluxo no sentido da parte aérea (DA SILVA e PEDREIRA, 1997).

É importante a distinção entre respiração e senescência, embora ambas resultem na perda de C fixado, elas estão separadas no tempo pela ontogenia de órgãos individuais e são reguladas por diferentes fatores (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

A habilidade de certos órgãos em transportar assimilados é variada. SNYDER e CARLSON (1984) notaram que, de maneira geral, folhas possuem uma força dreno maior do que hastes e raízes durante a fase vegetativa, mas a inflorescência predomina durante a fase reprodutiva. A distribuição de assimilados para as folhas sofre alterações durante a fase de maturação e envelhecimento. As folhas podem operar tanto como fontes, quanto como drenos de assimilados. A desfolhação representa um período em que tanto o crescimento como o acúmulo são

limitados pelo suprimento de assimilados (DA SILVA e PEDREIRA, 1997), embora a severidade dessa limitação dependa da espécie e da intensidade de desfolha.

A remobilização de N de folhas velhas para o alongamento de folhas jovens parece ser um processo geral que acompanha a senescência foliar (THOMAS e STODDART, 1980). LEMAIRE e CULLETON (1989) mostraram que de 75 a 80% do N foliar foi reciclado dentro da própria planta e que somente 20 a 25% retornava ao solo através da senescência de folhas não desfolhadas. A eficiência de reabsorção foi mais alta em pastagens recebendo baixas taxas de fertilização nitrogenada comparada com altas taxas. Entretanto, deve ser notado que durante a senescência o peso específico da folha diminui assintoticamente como uma consequência do contínuo consumo de carboidratos pela respiração de manutenção, e alcança um valor de cerca da metade das folhas jovens maduras quando a folha está amarelecendo (SHEEHY et al., 1979). Essa consideração pode ser demonstrada em pastagens não submetidas ao corte ou pastejo, em que a quantidade de N absorvido exigido para produção de novo material foliar progressivamente diminui a medida que a senescência foliar fornece quantidades maiores de N para reciclagem (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

Taxas de absorção de nitrato e fixação de N_2 são igualmente reduzidas após a desfolhação (CLEMENT et al., 1978) com recuperação gradual a medida que o índice de área foliar e o suprimento de carbono aumentam. Uma desfolhação severa conduz a planta a um forte declínio no suprimento de N, e a área foliar necessária para a recuperação do restabelecimento do suprimento de N envolve mobilização das reservas de N das raízes e estolões. A rebrotação das plantas após a desfolhação não é determinada diretamente pelos níveis de carboidratos de reserva, mas também pela sua capacidade de armazenagem e remobilização de N (OURRY et al., 1994).

Como pode ser observado, o nitrogênio representa elemento chave nos processos fisiológicos da planta. Alterações fisiológicas induzidas pela disponibilidade desse nutriente no processo de crescimento e

desenvolvimento constitui ferramenta valiosa na manipulação da estrutura do dossel através de significativas mudanças morfogênicas estabelecidas por práticas diferenciadas de manejo. Resta ao manejador de pastagens identificar quais os elos de ligação entre esse fator nutricional e os demais fatores de produção, de modo a otimizar através da desfolhação, por meio de corte ou pastejo, o melhor uso dos recursos produtivos.

3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Unidade de Crescimento de Plantas-DBV, 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, numa altitude de 651m acima do nível do mar, nas seguintes coordenadas geográficas 20° 45' 40" de latitude sul e 42° 51' 40" de longitude oeste. O tipo climático é Cwa, segundo a classificação de Koppen. A precipitação pluvial média anual é da ordem de 1.221 mm, caracterizada por uma distribuição estacional, com as estações seca e chuvosa bem definidas.

No experimento foi utilizada a gramínea *Panicum maximum* cv. Mombaça, com metabolismo fotossintético do tipo C4 e morfológicamente bem caracterizada quanto ao seu padrão de crescimento, sendo classificada como: cespitosa e perene. Essa foi cultivada em vasos plásticos com 30 cm de diâmetro e capacidade para 11 dm³ de solo, com orifícios para drenagem do excesso de água.

Foi utilizada uma amostra de solo colhida na camada de 0 a 20 cm de profundidade, na região de Viçosa, à qual, depois de secada e peneirada, foram adicionados 25% de areia para facilitar o manejo de plântulas no processo de transplântio. Depois de misturado, o substrato

final, constituído da mistura de solo e areia, foi analisado para caracterização química e física.

De posse do resultado analítico foi feita a calagem para correção do pH e elevação dos teores de Ca e Mg. O corretivo foi misturado ao conteúdo de solo de cada vaso com a finalidade de evitar a perda de uniformidade na correção. O método de referência empregado no processo foi o de saturação por bases ($V_d = 80\%$) e utilizados como corretivos o CaCO_3 e o $(\text{MgCO}_3)_4\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, estabelecendo-se uma relação Ca:Mg de 3:1. O cálculo da necessidade de corretivo foi feito da seguinte maneira:

Necessidade de corretivo (t/ha) = $T(V_d - V_{\text{obs}})/100$, onde:

T = capacidade de troca catiônica a pH=7, em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$

V_d = saturação por bases desejada, em %

V_{obs} = saturação por bases observada, em %

Depois de corrigido, incubação por 35 dias, o substrato foi submetido a uma nova análise e a uma adubação de formação. Os resultados das análises antes e após a correção são mostrados no quadro 1, respectivamente. A adubação de formação foi constituída de $400 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de P_2O_5 na forma de superfosfato simples, $200 \text{ mg}/\text{dm}^3$ de K na forma KCl (divididos em duas aplicações) e micronutrientes (divididos em quatro aplicações), sendo que o superfostato foi misturado ao solo em uma única aplicação logo após o período de incubação enquanto o KCl e os micronutrientes foram adicionados por via líquida em cobertura após o transplântio de plântulas.

Em caixas de areia foi feita a semeadura da forrageira para obtenção de plântulas a serem transplantadas para os vasos. As operações de preparo do solo, semeadura e transplântio foram executadas da mesma forma em todos os vasos utilizados. Após ao estabelecimento foi feito um desbaste de plântulas, em cada vaso, deixando as cinco plântulas mais vigorosas e com melhor distribuição. Durante a execução do experimento foi registrada a variação da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar ao longo do dia. Os vasos eram irrigados duas ou três vezes ao dia de modo minimizar as possíveis perdas por evapotranspiração.

Quadro 1 – Características químicas e físicas de amostra de solo da camada superficial (0 – 20 cm) antes e após a correção

Características	Resultados	
	Antes da correção	Após a correção
Químicas		
pH em água (1:2,5)	4,5	6,7
Fósforo (Mehlich) – mg/dm ³	1,5	1,7
Potássio (Mehlich) – mg/dm ³	13	11
Alumínio (KCl 1 mol/L) – cmol _c /dm ³	1,0	0,0
Cálcio (KCl 1 mol/L) – cmol _c /dm ³	0,3	3,5
Magnésio (KCl 1 mol/L) – cmol _c /dm ³	0,1	1,1
H + Al (Ca(Oac) ₂ – 0,5 mol/L) – cmol _c /dm ³	6,1	1,3
Soma de bases – cmol _c /dm ³	0,43	4,63
CTC efetiva - cmol _c /dm ³	1,43	4,63
CTC a pH 7 - cmol _c /dm ³	6,53	5,93
Saturação por alumínio - %	70,0	0,0
Saturação por bases - %	7,0	78,0
Matéria orgânica – dag/kg	1,88	2,02
Fósforo remanescente – mg/L	25,4	27,8
Zinco – mg/dm ³	4,3	5,0
Ferro - mg/dm ³	176,5	170,2
Manganês - mg/dm ³	19,1	27,8
Cobre - mg/dm ³	0,1	0,0
Boro - mg/dm ³	0,12	0,0
Físicas		
Areia grossa (%)	43	43
Areia fina (%)	18	18
Silte (%)	13	13
Argila (%)	26	26

3.1. Delineamento experimental.

Foram avaliadas quatro doses de nitrogênio e três alturas de corte, constituindo um fatorial 4 X 3 no delineamento em blocos completos ao acaso, com três repetições totalizando 36 vasos ou unidades experimentais, em que foram estudadas as características morfogênicas e estruturais das plantas. As doses de nitrogênio testadas foram: controle (sem adubação), 50, 100 e 200 mg/dm³, e as alturas de corte: 5, 10 e 20 cm.

A semeadura foi feita no dia 12.02.2000, em caixas plásticas contendo areia, de modo a ter maior facilidade na seleção das plântulas a serem transplantadas para os vasos. Em 27.02.2000, transplantaram-se para os vasos, com substrato já corrigido, entre 8 e 10 plântulas, de modo que no momento do desbaste fosse possível a obtenção de 5 plântulas por unidade experimental.

No dia 26.03.2000, seis semanas após a semeadura, com as plantas já bem estabelecidas, foi feito o corte de uniformização, nas alturas de 5, 10 e 20 cm nos respectivos tratamentos. O período das avaliações, que representa o intervalo de tempo transcorrido entre o corte de uniformização e o corte final e no qual foram coletados os dados, foi de 48 dias.

No período das avaliações as doses de nitrogênio foram parceladas em quatro aplicações para os respectivos tratamentos (N₅₀, N₁₀₀ e N₂₀₀), de modo que essas adubações eram executadas a intervalos de 13 dias, sendo que a primeira aplicação foi feita no dia seguinte ao do corte de uniformização. O fertilizante nitrogenado utilizado nos tratamentos foi o sulfato de amônio. Este, depois de pesado, era diluído em água e aplicado sobre o solo. O volume de solução por aplicação era de 25 ml por vaso.

3.2. Avaliações.

Foram avaliadas as características morfológicas, estruturais e a produção forrageira (massa seca). Para as avaliações morfológicas e estruturais foram marcados três perfilhos por vaso (em plantas diferentes) por meio de anéis plásticos coloridos. A escolha dos perfilhos foi feita baseando-se na sua distribuição no vaso, vigor e tamanho, de modo a garantir a maior homogeneidade possível entre plantas. Os perfilhos identificados eram mensurados três vezes por semana durante os 48 dias estabelecidos para o período de rebrotação. As mensurações foram feitas utilizando-se régua milimetrada.

As medidas abrangiam o registro do dia do aparecimento do ápice foliar, dia da exposição da lígula, comprimento do pseudocolmo, comprimento da lâmina foliar expandida, comprimento da lâmina foliar em expansão, senescência foliar (esta foi determinada por diferença, do comprimento total da lâmina menos a parte da lâmina que se encontrava ainda totalmente verde), número de folhas por perfilho e número de perfilhos por planta.

As medições tomadas no período foram utilizadas para obtenção das principais características morfológicas e estruturais da gramínea em estudo, de modo que os valores encontrados em relação a essas características representam a média dos perfilhos no período. Tanto as medidas morfológicas como as estruturais que se encontram ajustadas a escala temporal, foram, de forma análoga, relacionadas a escala de tempo térmico em unidades térmicas, possibilitando uma interpretação mais ampla dos fenômenos encontrados (BONHOMME, 2000).

Para tal, foi utilizada a equação proposta por OMETTO (1981) onde as unidades térmicas são definidas como graus-dia (GD) de crescimento. Na equação para estimar os graus-dia, além da temperatura máxima e mínima (°C) diária do ar, é utilizada também a temperatura mínima basal da planta. Essa temperatura foi estimada para o *Panicum maximum* cv. Mombaça, em um ensaio paralelo, em 13,84 °C (APÊNDICE). Em todo o período de rebrotação, 48 dias, foram acumulados um total 483,04 GD. No apêndice estão as equações utilizadas no cálculo do acúmulo de graus-dia.

Foram avaliadas as seguintes características:

Morfogênicas:

- Taxa de aparecimento de folha (TA_pF) - número de folhas/dia
- Taxa de alongamento de folha (TA_LF) - mm de folha/dia
- Duração de vida da folha (DVF) – dias
- Duração do alongamento de lâmina foliar (DA_LF) - dias
- Filocrono (número de dias/folha)

Estruturais:

- Comprimento final de lâmina foliar (CFF) - cm
- Número total de folhas (NTF)
- Número de folhas verdes (NFV)
- Número de perfilhos totais
- Número de perfilhos produzidos no período

Decorridos 48 dias após o corte de uniformização, foi efetuado o corte das plantas nas respectivas alturas e a forragem colhida e analisada quanto a produção total de matéria seca (M.S.), produção de M.S. de folhas e peso médio do perfilho.

O registro da temperatura durante esse experimento teve como objetivo principal a disponibilidade de dados para a estimação do filocrono em termos de graus-dia. A variação térmica durante o período experimental pode ser visualizada na Figura 1.

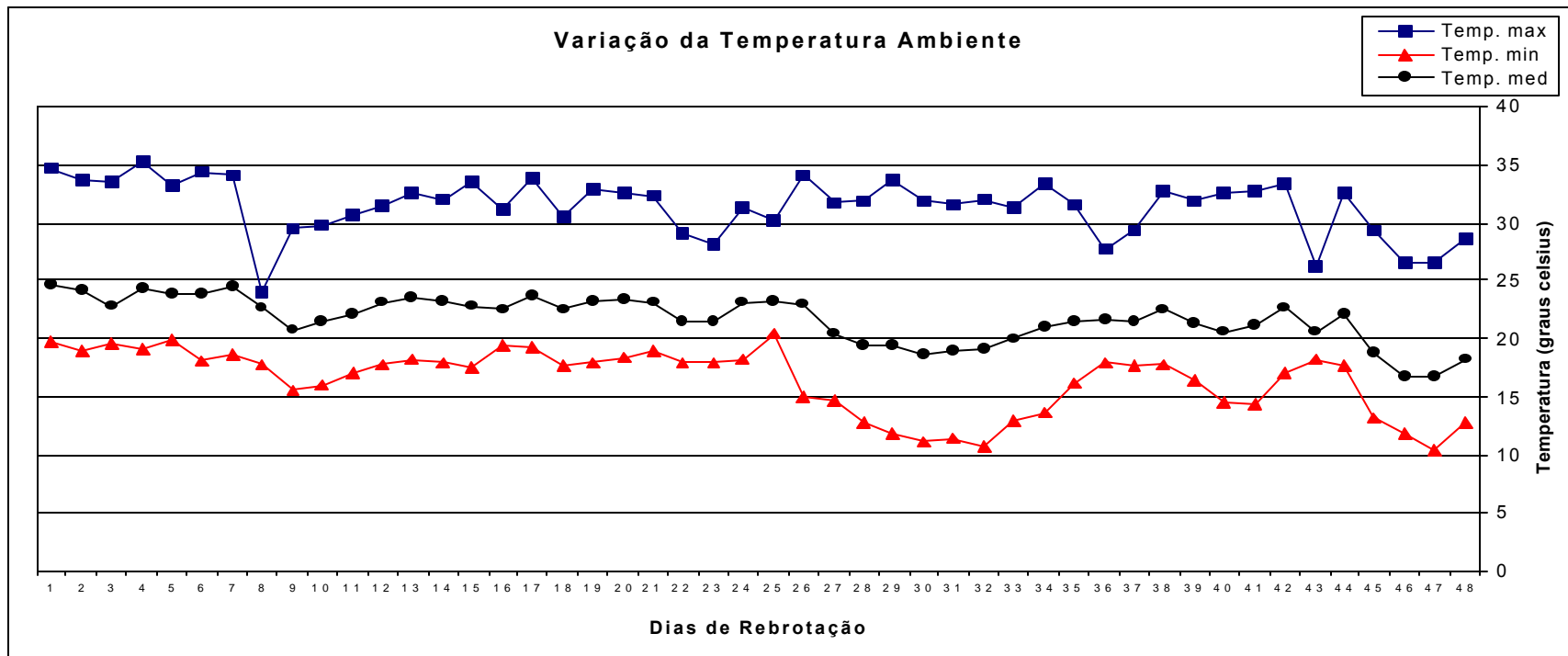


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas e médias (°C) durante o período experimental de 27.03.2000 a 13.05.2000, Viçosa/MG

3.2.1. Variáveis morfogênicas.

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 rebrotação. Este cálculo era efetuado para cada perfilho marcado, de modo que o valor final constituía a média de 3 perfilhos por vaso. A distância entre o ápice foliar e a lígula da folha antecessora dava o comprimento da lâmina em crescimento (GASTAL et al., 1992; VAN ESBROECK et al., 1997). 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, pôde ser estimado como o inverso da taxa de aparecimento de folhas (SKINNER e NELSON, 1995).

A duração do alongamento foliar foi considerada como o período entre o aparecimento do ápice foliar e o aparecimento da lígula da folha em questão (SKINNER e NELSON, 1994). A lígula é a referência no estudo do alongamento da folha (duração e comprimento) por caracterizar, quando exposta, o fim do alongamento da lâmina e, conseqüentemente, o seu comprimento máximo ou final (LANGER, 1974).

3.2.2. Variáveis estruturais.

O número de folhas verdes por perfilho foi determinado como a fração de folhas totais que não apresentavam qualquer sinal de senescência. Dessa forma, a variável era medida nas mesmas folhas que eram utilizadas para a determinação da duração de vida da folha.

O número de perfilhos por planta era contabilizado nas plantas em que os perfilhos estavam marcados.

3.2.3. Medidas de produção.

Após o período de rebrotação todas as plantas foram cortadas nas respectivas alturas de corte (5, 10 e 20 cm) e o material colhido separado

em folhas, hastes (pseudocolmo) e material morto. Esse material foi levado à estufa de ventilação forçada a 65 °C por 72 horas (atingindo massa constante). Passado esse tempo, todo o material era pesado e somado para a obtenção da massa seca total. Com base nos dados obtidos era possível estimar a participação de cada componente na composição total. O peso médio do perfilho foi obtido dividindo-se a massa seca total da parte aérea pelo número total de perfilhos no vaso. A quantidade de material morto se mostrou insuficiente para ser computada nas análises de produção.

3.3. Análise estatística.

As análises estatísticas foram feitas usando os procedimentos de modelos lineares gerais (GLM) e de regressão (REG) do Sistema para Análises Estatísticas SAS (1990). Uma vez que os fatores nitrogênio e altura são quantitativos, seus efeitos foram avaliados por meio de análise de regressão, cujo modelo estatístico adotado foi o seguinte:

$$Y_i = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 N_i + \hat{\alpha}_2 C_i + \hat{\alpha}_3 N_i^2 + \hat{\alpha}_4 C_i^2 + \hat{\alpha}_5 N_i C_i + e_i$$

Em que:

Y_i = variável resposta;

N_i = dose de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 mg/dm³ N por vaso);

C_i = altura de corte (5, 10 e 20 cm);

$\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2, \hat{\alpha}_3, \hat{\alpha}_4, \hat{\alpha}_5$ = parâmetros a serem estimados;

e_i = erro aleatório suposto normal, independentemente distribuído com média zero e variância σ^2 .

A partir do modelo completo descrito anteriormente, obteve-se a melhor equação ajustada para cada variável dependente avaliada neste estudo. O grau de ajustamento dos modelos foi avaliado pelo coeficiente de determinação ajustado (ajust- R^2); pela significância da regressão e da falta de ajustamento, testados pelo teste F; pela significância dos coeficientes de regressão, testada pelo teste t com nível de significância aceitável de até 10% de probabilidade.

Além desses critérios levou-se em conta também, o comportamento biológico da planta forrageira.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento e desenvolvimento de folhas

Não foi observado efeito significativo de interação entre doses de nitrogênio e alturas de corte, ficando a significância limitada aos fatores isolados. O nitrogênio foi o fator com significância estatística mais presente entre as respostas avaliadas, o que pode ser observado no quadro 2.

Apesar dos fatores envolvidos no estudo serem quantitativos (doses de nitrogênio e alturas de corte), e portanto, seus efeitos terem sido avaliados por meio de análise de regressão, apenas a título de uma informação adicional, no quadro 2 está apresentado a significância para os efeitos principais e de interação, obtidos da análise de variância (ANOVA), segundo o delineamento experimental descrito na metodologia.

Quadro 2 – Significância para os efeitos de nitrogênio, corte e interação para as diversas características avaliadas no capim-Mombaça

Fontes de Variação	VARIÁVEIS									
	TA _P F	TA _L F	F _L	DVF	DA _L F	CFF	NFV	NTF	NTP	PPro d
Nitrogênio(N)	***	***	***	**	***	**	***	***	***	***
Corte(C)	ns	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns
Interação(NxC)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**

TA_PF= taxa de aparecimento de folhas; TA_LF=taxa de alongamento de folhas; F_L= filocrono; DVF= duração de vida da folha; DA_LF= duração do alongamento da folha; CFF= comprimento final da

folha; NFV= número de folhas verdes; NTF= número total de folhas; NTP= número total de perfilhos; PProd= perfilhos produzidos; Significância de 1%(***) , 5%(**) e ns = não significativo

4.1.1. Taxa de aparecimento de folhas e filocrono

O efeito do suprimento de nitrogênio sobre a taxa de aparecimento de folhas (TA_{pF}) foi significativo ($P < 0,10$), promovendo um expressivo aumento no número de folhas por perfilho no período. A equação de regressão que melhor se ajustou aos dados está apresentada na Figura 2. A discussão do efeito nutricional, particularmente do nitrogênio, sobre a TA_{pF} , insistentemente tem sugerido respostas mais conservadoras que o encontrado no presente estudo (CRUZ e BOVAL, 1999; LANGER, 1974). Outros trabalhos, por outro lado, já demonstraram o significativo papel do nitrogênio sobre a mesma variável (LONGNECKER et al., 1993; THOMAS, 1983; DURU e DUCROCQ, 2000A). LONGNECKER et al. (1993) argumentaram que a discrepância entre os estudos pode ser devido aos diferentes níveis de estresse nitrogenado aplicados às plantas.

Muitos experimentos realizados a campo, com diferentes níveis de nitrogênio, em solos relativamente férteis da América do Norte e Europa, estão em regiões com disponibilidade de nitrogênio no solo onde pode haver resposta marginal da variável aos tratamentos de baixo ou zero N, mas a deficiência não ser severa o bastante para causar mudanças no aparecimentos de folhas (LONGNECKER et al., 1993).

Outro importante fator a ser considerado na avaliação da TA_{pF} , é que boa parte dos resultados obtidos em função do suprimento de nitrogênio, são produzidos em regiões de temperatura significativamente mais baixas que nos trópicos (LONGNECKER et al., 1993). Naquelas regiões a temperatura assume um papel mais significativo sobre a TA_{pF} que em regiões tropicais, onde a variabilidade estacional é mais restrita. Nesse caso, em condições tropicais, é provável que outros fatores assumam maior influência sobre a TA_{pF} , como por exemplo o suprimento de nitrogênio.

A TA_{pF} não foi influenciada pela altura de corte ($P > 0,10$). Alguns trabalhos que mostram o efeito de alturas corte ou de pastejo sobre a TA_{pF} , normalmente, são fundamentados na altura de bainhas remanescentes. Foi constatado que o maior comprimento de bainha conduz a planta a uma menor TA_{pF} (SKINNER e NELSON, 1995; DURU

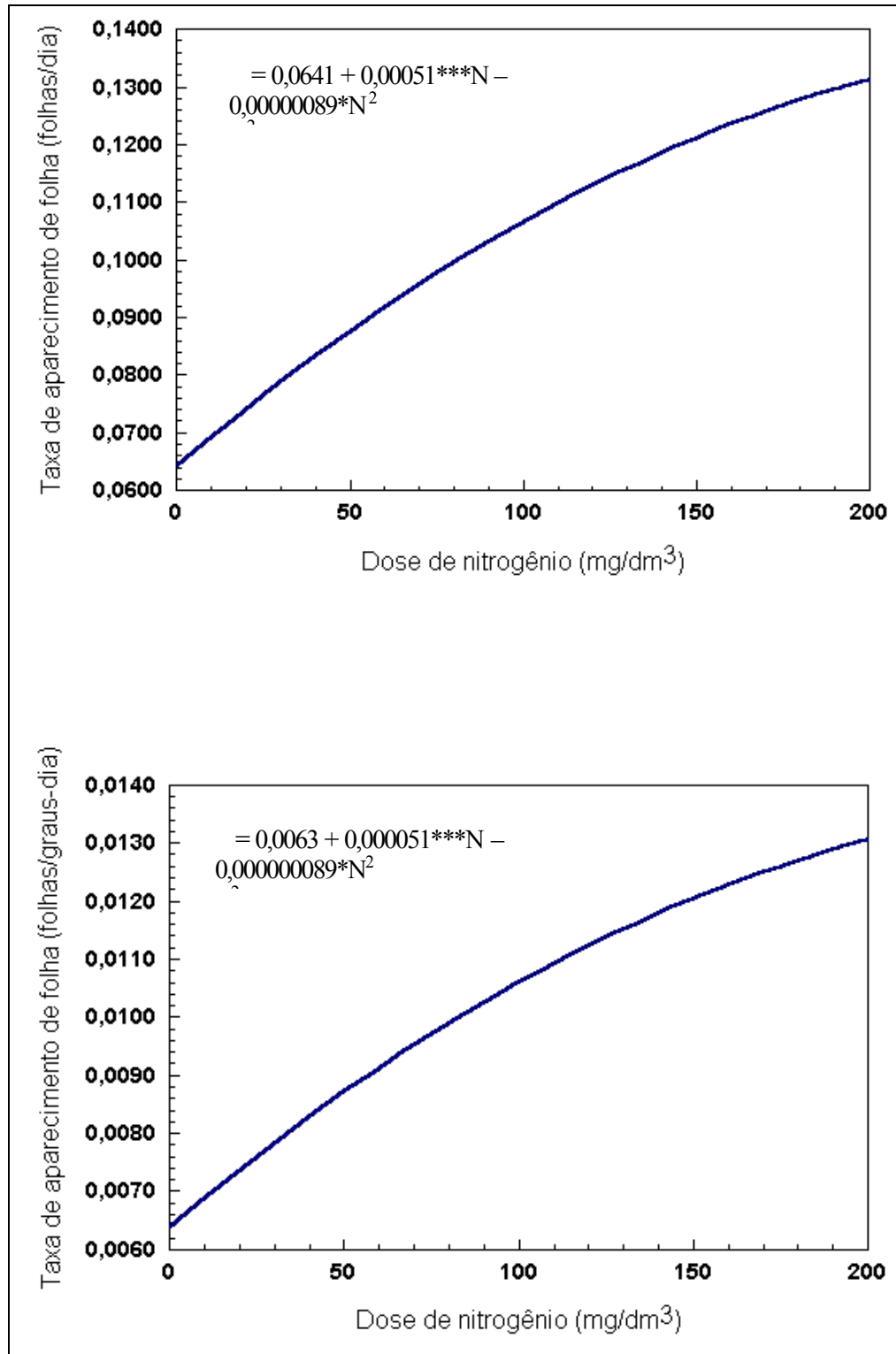


Figura 2- Taxa de aparecimento de folhas, expresso em dias e graus-dia, de capim – Mombaça em função das doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 mg/dm³); significativo a 1%(***) e 10%(*)

e DUCROCQ, 2000A). Tal comportamento se deve ao fato de as folhas surgirem sucessivamente a níveis de inserção cada vez mais altos e ao processo natural de alongamento da bainha, deste modo, a folha percorre um maior trajeto entre seu ponto de conexão com o meristema e a extremidade do pseudocolmo, formado pelas bainhas das folhas mais velhas.

A não significância da altura de corte sobre a TA_{PF} pode ser devida à reduzida diferença entre alturas adotada nos tratamentos. Com um maior espaçamento entre as alturas, haveria um maior trajeto a ser percorrido pela folha no interior do pseudocolmo. Como as folhas sucessivas se alongam a taxas equivalentes, a TA_{PF} seria diminuída com o aumento da altura. No entanto, apesar da diferença entre alturas no presente experimento não ter sido grande o suficiente para gerar diferenças estatisticamente significativas quanto a TA_{PF} , as mesmas alturas foram significativas para outras respostas avaliadas, sugerindo que a variação da TA_{PF} , dentro de limites estreitos de alturas, pode ser menos expressiva ao corte que outras variáveis morfogênicas.

O papel do suprimento de nitrogênio sobre a TA_{PF} pode ser analisado como resultado da combinação de uma série de fatores, tais como: altura de bainha, alongamento foliar e temperatura (DURU e DUCROCQ, 2000AB), agindo conjuntamente sobre a mesma variável. A taxa a qual as folhas se alongam age alterando o padrão de aparecimento de lâminas foliares, isso ocorre em função da modificação do tempo gasto pela folha da sua iniciação no meristema até o seu aparecimento acima do pseudocolmo formado pelas folhas mais velhas.

Observa-se assim, que não só o comprimento da bainha, mas particularmente a taxa de alongamento de folhas, pode explicar, no sentido mais amplo, o comportamento da TA_{PF} em relação aos tratamentos. A taxa de alongamento, ao responder ao suprimento de N, seria, então, o principal agente modificador da TA_{PF} . Folhas sucessivas aparecendo a níveis de inserção muito próximos, mas sob elevadas taxas de alongamento, suportadas pelo suprimento adicional de N, estabeleceriam uma maior TA_{PF} . A argumentação é validada ao se comprovar, na próxima seção, as expressivas respostas das lâminas

foliares quanto ao seu alongamento frente ao suprimento de nitrogênio. Desse modo, é possível compreender a resposta da TA_{PF} em relação ao N e justificar sua alta correlação linear com a taxa de alongamento de folhas ($r = 0,94$; $P < 0,0001$).

O filocrono, como já definido anteriormente, pode ser calculado como o inverso da TA_{PF} . Tal como a TA_{PF} , o filocrono foi significativamente afetado pelo suprimento de nitrogênio ($P < 0,01$), apresentando uma resposta quadrática para as doses de N estudadas (Figura 3). Os valores encontrados para as quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 mg/dm^3 de N), de acordo com a equação ajustada, foram, respectivamente, de 16, 12, 9 e 8 dias / folha, o que corresponde a 173, 125, 94 e 80 graus-dia/folha. De acordo com a mesma equação, a dose de 169 mg/dm^3 de N seria a que proporcionaria o menor filocrono.

Além de atuar de forma direta sobre o filocrono, aumentando a produção de novas células, o N pode ainda caracterizar a variável de forma indireta, através de mudanças provocadas na taxa de alongamento de folhas. Tal efeito pode ser tanto maior quanto menor seja a significância do fator nitrogênio no processo de alongamento do colmo. Este comportamento pode ser explicado pelo fato da folha poder ser exposta acima da bainha das folhas mais velhas percorrendo praticamente um mesmo percurso, mas a maiores taxas de alongamento. No entanto em um estudo com *Allium porrum* L., foi observado que mesmo embora o comprimento da bainha tenha aumentado com a sucessão de folhas, o filocrono permanecia constante, sugerindo que o processo de iniciação do alongamento foliar era progressivamente acelerado a cada folha gerada (HAY e BROWN, 1988).

4.1.2. Taxa de alongamento de folhas

A taxa de alongamento de folhas foi significativamente superior ($P < 0,10$) para os tratamentos recebendo suprimento de nitrogênio, não havendo efeito significativo de altura de corte e de interação entre os fatores. Outros trabalhos avaliando o efeito nutricional do nitrogênio sobre

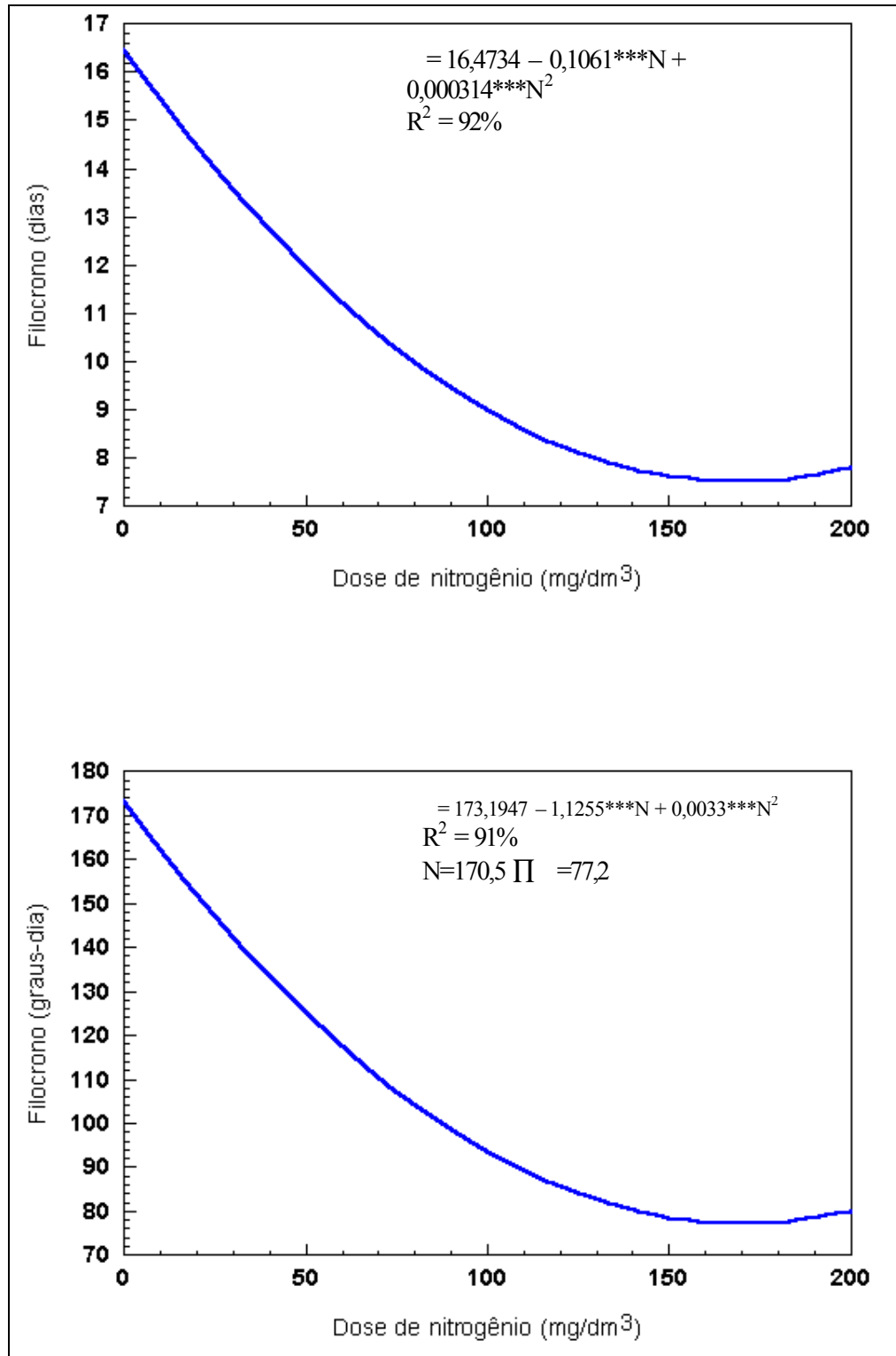


Figura 3- Filocrono, expresso em dias e graus-dia, de capim - Mombaça em função das doses de nitrogênio; significativo a 1% (***)

a taxa de alongamento de folhas (TA_LF), revelaram resultados semelhantes aos encontrados no presente experimento (GASTAL e NELSON, 1994; VOLENEC e NELSON, 1983). Em um estudo com *Festuca arundinacea* foi observado que a TA_LF foi aumentada em 140% quando o suprimento de nitrogênio passou de 22 kg/ha para 336 kg/ha, comportamento este, que foi atribuído muito mais ao expressivo aumento no número de células que ao possível aumento no comprimento final da célula ou na sua taxa de alongamento (VOLENEC e NELSON, 1984).

MAZZANTI et al. (1994) também encontraram efeitos significativos do nitrogênio sobre a TA_LF . O estudo foi feito avaliando-se dois níveis de adubação em perfilhos individuais, submetidos ao pastejo ou não. Quando a dose de nitrogênio passou de 40 para 90 kg/ha, aplicados a cada 45 dias, foi obtido um aumento médio de 15 a 28% na TA_LF dos perfilhos protegidos, enquanto que os perfilhos pastejados não mostraram qualquer resposta significativa à fertilização.

Em dois dos três anos de estudo, DURU e DUCROCQ (2000A) observaram aumento significativo na TA_LF (76 a 80%) quando o suprimento de nitrogênio variou de 0 para 120 kg/ha, sem que houvesse efeito dos regimes de corte.

Considerando a ausência de nitrogênio como controle, as doses de 50, 100 e 200 mg/dm³ de N utilizadas no presente estudo, conduziram a um aumento médio de 52, 92 e 133% na TA_LF , ratificando o significativo papel desse nutriente no comportamento da variável (Figura 4). GOMIDE (1997A), utilizando uma dose de 150 mg/dm³ de N e avaliando o perfilho principal durante a rebrotação em quatro cultivares de *Panicum maximum*, encontrou uma TA_LF média de 66,57 mm/dia. Nesse trabalho o autor chama a atenção que o cultivar Mombaça foi um dos que apresentaram menor TA_LF . Projetando a mesma dose de nitrogênio (150 mg/dm³ de N) no presente estudo, seria estimada, de acordo com o modelo ajustado, uma TA_LF de 54 mm/dia, provavelmente um valor muito próximo ao encontrado por GOMIDE (1997A).

De forma geral, todos os resultados apresentados vem concordando com a sugestão de que o alongamento foliar é, realmente, influenciado pelo suprimento de nitrogênio. Tal comportamento pode

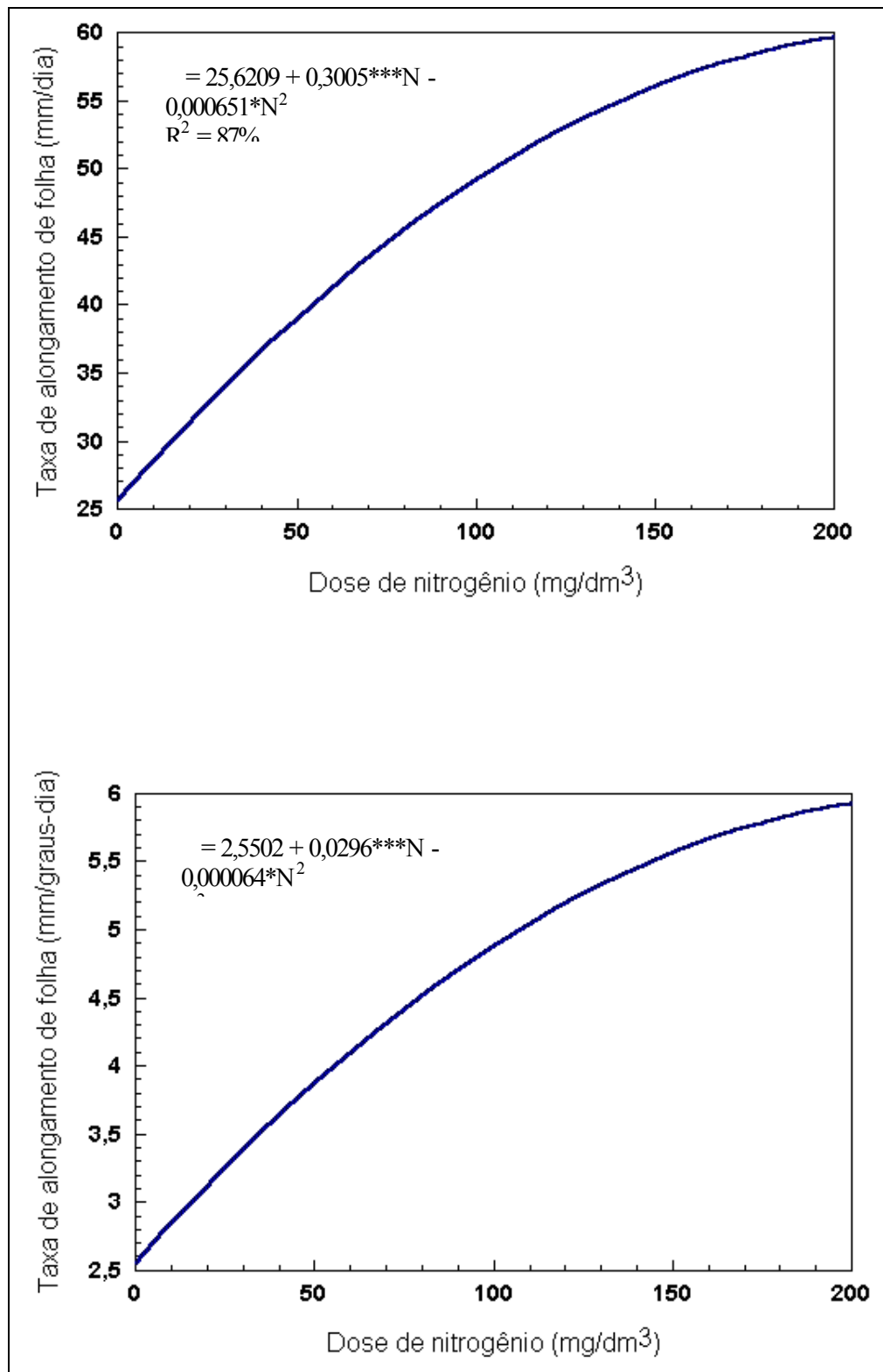


Figura 4- Taxa de alongamento de folhas, expressa em dias e graus-dia, de capim – Mombaça em função das doses de N; significativo a 1%(***) e 10%(*)

ser apoiado pelo estudo de deposição de nutrientes nas zonas de alongamento e divisão celular das folhas (SKINNER e NELSON, 1995).

4.1.3. Duração de vida da folha

A duração de vida da folha (DVF) foi aumentada significativamente ($P < 0,05$) com o aumento na altura de corte e com a adubação nitrogenada, mas sem que houvesse efeito da interação entre os fatores. DURU e DUCROCQ (2000A) encontraram tanto efeito significativo dos regimes de corte sobre a duração de vida da folha (duas estações de crescimento) como dos regimes de corte e suprimento de nitrogênio (uma estação de crescimento), mas sem que houvesse também interação entre os fatores.

A estimativa da duração média de vida da folha, considerando as alturas de corte e os níveis de N, variou de 31 dias (311 graus-dia) para o tratamento onde não havia suprimento de N e o corte era efetuado a 5 cm, até quase 48 dias (480 graus-dia) para o tratamento onde o suprimento de N chegou a 200 mg/dm^3 e a altura de corte era de 20 cm. A média, considerando todos os tratamentos foi de 38 dias ou 386 graus-dia. Para *Festuca arundinacea* a duração de vida da folha situa-se em torno de 570 graus-dia, para *Lolium multiflorum*, em uma pastagem natural no pampa Argentino, a DVF variou de 335 a 418 graus-dia em função da estação climática (LEMAIRE e AGNUSDEI, 1999). Trabalhando com *Dactylis glomerata*, DURU e DUCROCQ (2000B), encontraram em uma das estações de crescimento estudadas, uma DVF de 391 graus-dia, considerando 4 folhas no perfilho e que o comprimento da bainha foi bastante estável ao longo do período.

O mecanismo de ação do N no prolongamento da duração de vida da folha pode estar associado a manutenção de uma maior capacidade fotossintética por períodos mais longos sem que haja remobilização interna significativa de nitrogênio das folhas mais velhas. Esse comportamento pode ser melhor compreendido se analisado em conjunto com o processo de senescência das folhas. Uma vez estabelecida a senescência, boa parte do N é remobilizado para as folhas mais novas

(LEMAIRE et al., 1989). Tal mobilização pode contribuir de forma significativa na redução da atividade fotossintética da folha.

O aumento observado na DVF em função da elevação da altura de corte pode ser explicado através do processo morfológico de desenvolvimento do órgão foliar. Como já demonstrado por LANGER (1974) e SKINNER e NELSON (1995), o aparecimento do ápice foliar sinaliza a diferenciação da lígula e a exposição desta o fim da atividade meristemática associada ao crescimento da lâmina. Se o corte é feito a uma altura maior e a taxa de alongamento não varia com a altura deste, como foi verificado, é possível que a lâmina além de ter seu período de alongamento aumentado, atrasando o início da senescência, tenha sua duração de vida estendida, caracterizando, portanto, o papel da altura de corte na expressão da variável no presente estudo (Figura 5).

Na tabela abaixo são apresentadas as médias de duração de vida da folha em função dos tratamentos estudados (Tabela 1).

Tabela 1. Médias de duração (dias) de vida da folha de capim – Mombaça em função das doses de nitrogênio e das alturas de corte

Altura de corte (cm)	Dose de nitrogênio (mg/dm ³)				Médias	Desvio Padrão
	0	50	100	200		
5	33	29	33	35	32,5	2,5
10	34	38	36	44	38,0	4,3
20	45	43	45	46	44,7	1,2
Médias	37,3	36,7	38,0	41,7		
Desvio padrão	6,6	7,1	6,2	5,8		

Como pode ser observado na tabela 1, o efeito do nitrogênio teve um comportamento diferenciado em relação a duração de vida da folha nas diferentes alturas. O suprimento de nitrogênio praticamente só aumentou a DVF nos cortes de 5 e 10 cm, sendo mínima a variação na DVF no corte a 20 cm. Avaliando o efeito das alturas, observa-se uma resposta mais consistente. Em todas as doses de N testadas o efeito da altura foi expressiva e razoavelmente distribuída entre os tratamentos.

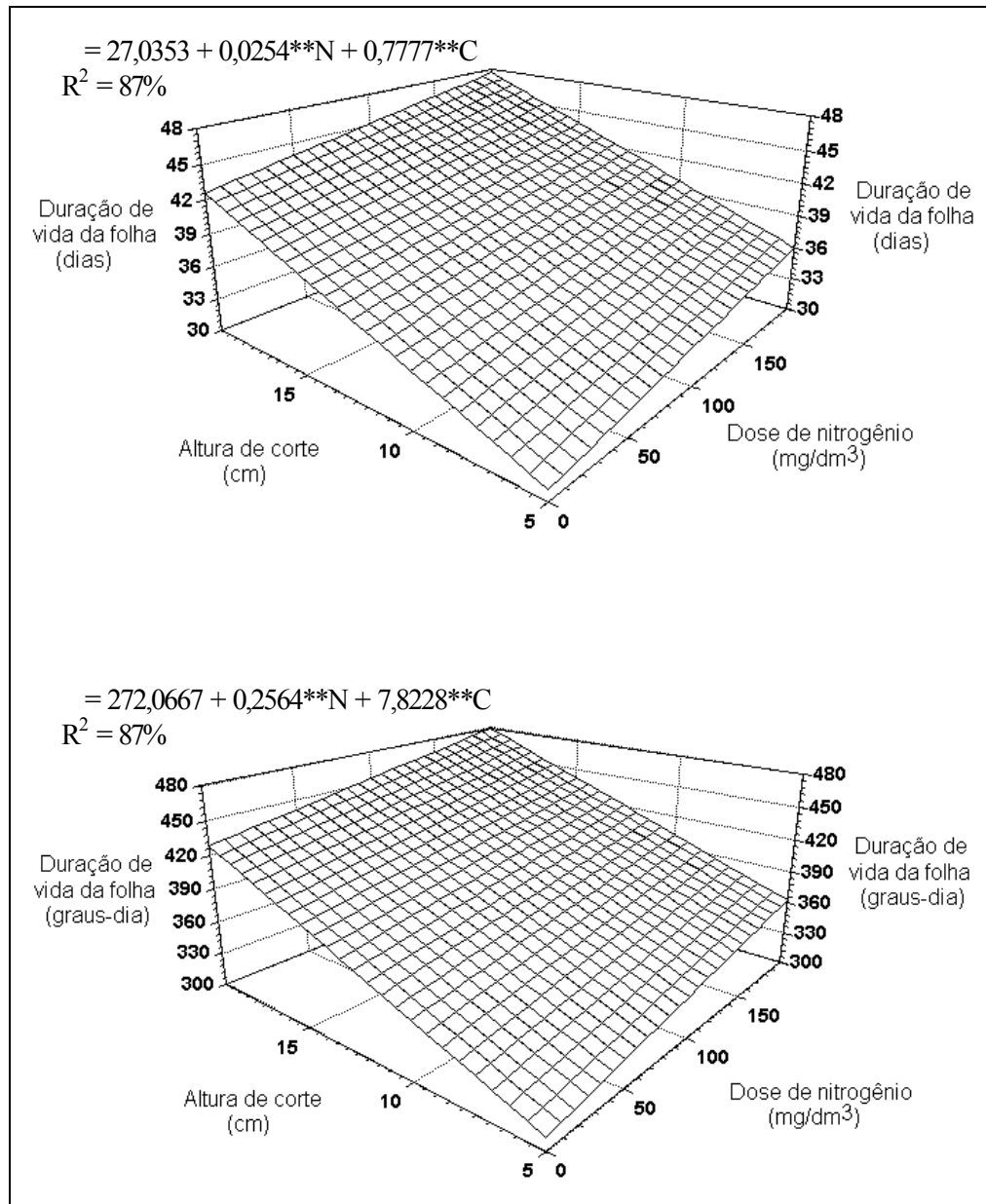


Figura 5- Duração de vida da folha, expresso em dias e graus-dia, de capim – Mombaça em função das alturas de corte e da adubação nitrogenada; significativo a 5%(**)

4.1.4. Duração do alongamento da folha

A duração do alongamento da folha (DA_LF) respondeu significativamente ao nitrogênio ($P < 0,10$) e as alturas de corte ($P < 0,01$) (Figura 6).

Considerando a equação ajustada à variável, as estimativas da DA_LF variaram de 14 a 27 dias (144 a 269 graus-dia). Foi observado, diante do efeito quadrático do N, que o menor valor da DA_LF , foi definido a uma dose de N menor do que aquela definida para a maior DVF. Enquanto uma dose de aproximadamente 150mg/dm^3 de N é suficiente para reduzir a DA_LF ao mínimo (14 dias), a dose de N para maximizar a DVF é de 200mg/dm^3 .

DURU e DUCROCQ (2000B) encontraram para a mesma estação de crescimento onde foi calculada a DVF, um valor de DA_LF de 158 graus-dia. O menor valor encontrado pelos autores refletiu uma alta correlação com o comprimento da bainha ($r = 0,815$; $P < 0,001$). Segundo os autores o comprimento de bainha também se correlaciona positivamente com o filocrono e com o comprimento da lâmina foliar.

No presente estudo foi possível observar uma correlação linear significativa entre DA_LF e filocrono ($r = 0,66$; $P < 0,0001$), sendo importante destacar o expressivo efeito da altura de corte em relação a DA_LF .

DURU e DUCROCQ (2000A) observaram que tanto a duração de vida como a duração do alongamento das folhas aumentaram com o nível de inserção destas no dossel. Esse comportamento permitiu estabelecer, uma significativa correlação entre DVF e DA_LF ($r = 0,60$; $P < 0,001$). Para um dado nível de inserção, a duração do alongamento da folha foi menor para o tratamento onde eram efetuados cortes mais severos e havia suprimento de nitrogênio, diferentemente do que foi verificado para o tratamento sem nitrogênio e cortes mais lenientes.

A duração do alongamento da folha, no estudo aqui apresentado, foi caracterizada de forma bastante similar ao estabelecido no trabalho de DURU e DUCROCQ (2000A) considerando diferentes níveis de inserção das folhas. Neste trabalho foi possível caracterizar o mesmo

comportamento levando em conta uma outra escala de referência, ou seja, considerando-se a média das folhas no perfilho

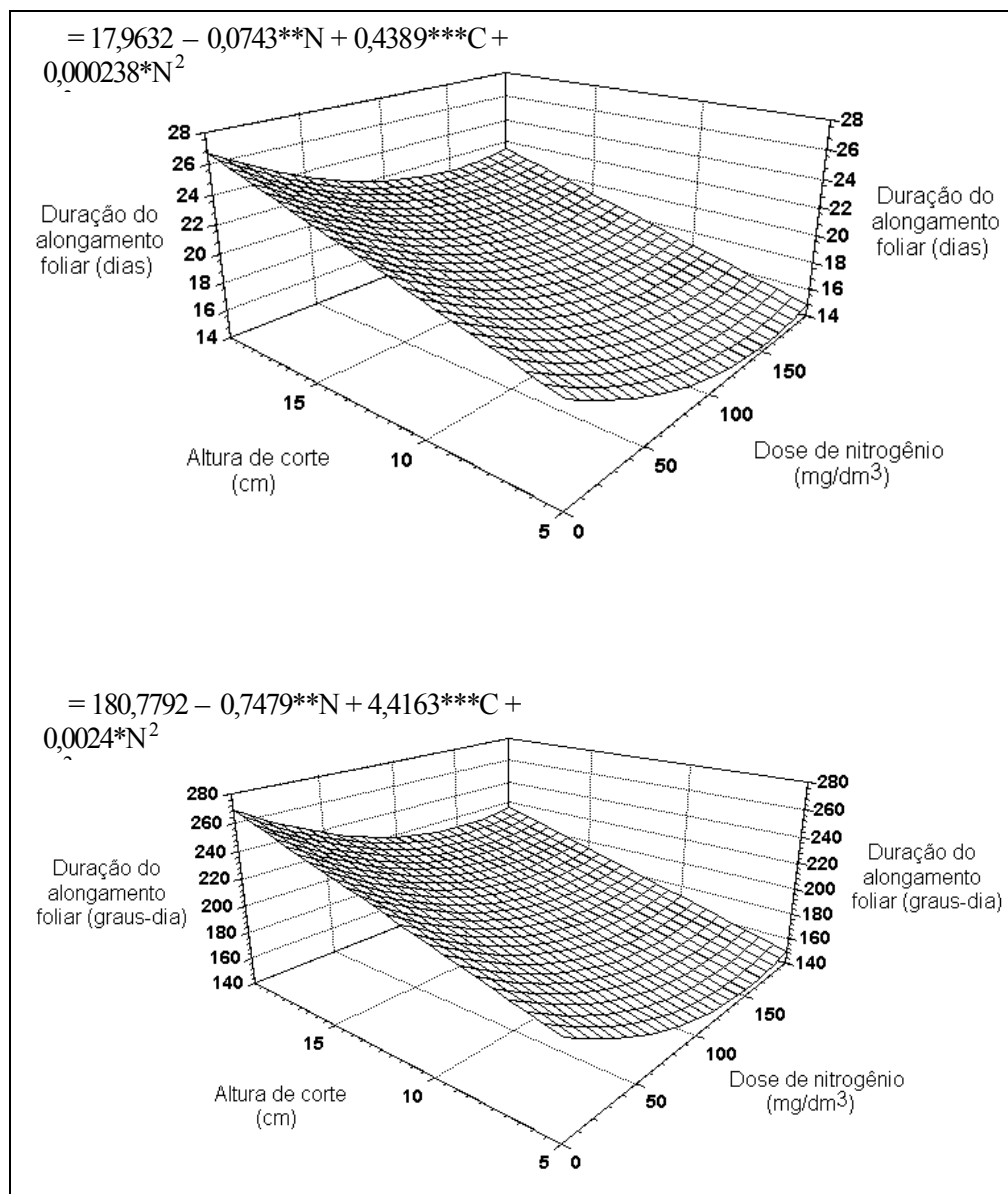


Figura 6- Duração do alongamento da lâmina foliar de capim - Mombaça, expressa em dias e graus-dia, em função das doses de N e das alturas de corte; significativo a 1%(***) , 5%(**) e 10%(*)

4.2. Mudanças estruturais do perfilho

A combinação das três principais características morfogênicas constitui o principal determinante dos componentes estruturais do pasto: o comprimento final da folha, o número de folhas por perfilho (folhas verdes e totais) e o número de perfilhos (total e produzidos no período) (LEMAIRE e AGNUSDEI, 1999).

4.2.1. Comprimento final da folha

Na avaliação do comprimento final da lâmina foliar em relação aos fatores estudados, tanto o nitrogênio ($P < 0,10$) como as alturas de corte ($P < 0,05$) mostraram efeito significativo (Figura 7). Na equação ajustada, ambos os fatores influenciaram o aumento do comprimento da lâmina, sendo que as diferentes alturas de corte proporcionaram a maior amplitude de variação em relação a variável (Tabela 2).

Para o comprimento da lâmina, os resultados encontrados se mostraram de acordo com os obtidos por DURU e DUCROQ (2000A) em todas as estações de crescimento por eles avaliadas, ratificando a significância dos dois fatores, sem que houvesse interação entre eles. Foi observado, no presente estudo, que a redução do comprimento da bainha por meio de diferentes alturas de corte, reduziu o comprimento da lâmina; comportamento similar ao encontrado por WILSON e LAIDLAW (1985). No entanto, quando as condições para o crescimento são favoráveis e constantes, a divisão celular é também favorecida, de modo que é possível obter lâminas maiores para um mesmo comprimento de bainha.

O aumento no tamanho de lâmina em relação aos tratamentos pode ser explicado pelo fato da atuação conjunta do nitrogênio, aumentando de forma expressiva o número de células em processo de divisão, e da altura de corte, definindo maior comprimento da bainha. O nitrogênio ao estimular a produção de novas células possibilita um aumento na taxa de alongamento de folhas, a qual pode constituir meio para mudanças no tamanho da lâmina foliar.

MAZZANTI et al. (1994) apontaram uma correlação significativa entre TA_F e comprimento de lâmina foliar (r = 0,61; P<0,001). Para o cultivar Mombaça, aqui estudado, foi encontrado uma correlação linear significativa (P<0,01) com r = 0,48. O corte, de acordo com a altura empregada, determina maior ou menor percurso que a folha deverá percorrer até ser exposta acima do pseudocolmo formado pelas bainhas das folhas mais velhas. Assim, uma vez estabelecida correlação significativa entre altura ou comprimento de bainha e comprimento de folha, a altura de corte ou pastejo constitui importante fator na definição do tamanho final da lâmina (DURU e DUCROCQ, 2000A, GRANT et al., 1981).

Tabela 2. Médias de comprimento final de lâmina foliar do capim – Mombaça em função das doses de nitrogênio e das alturas de corte

Altura de corte (cm)	Dose de nitrogênio (mg/dm ³)				Médias	Desvio Padrão
	0	50	100	200		
5	34,8	42,4	41,9	48,4	41,9	5,6
10	44,5	49,2	50,8	46,5	47,7	2,8
20	51,9	55,1	55,2	55,4	54,4	1,7
Médias	43,7	48,9	49,3	50,1		
Desvio padrão	8,6	6,3	6,8	4,7		

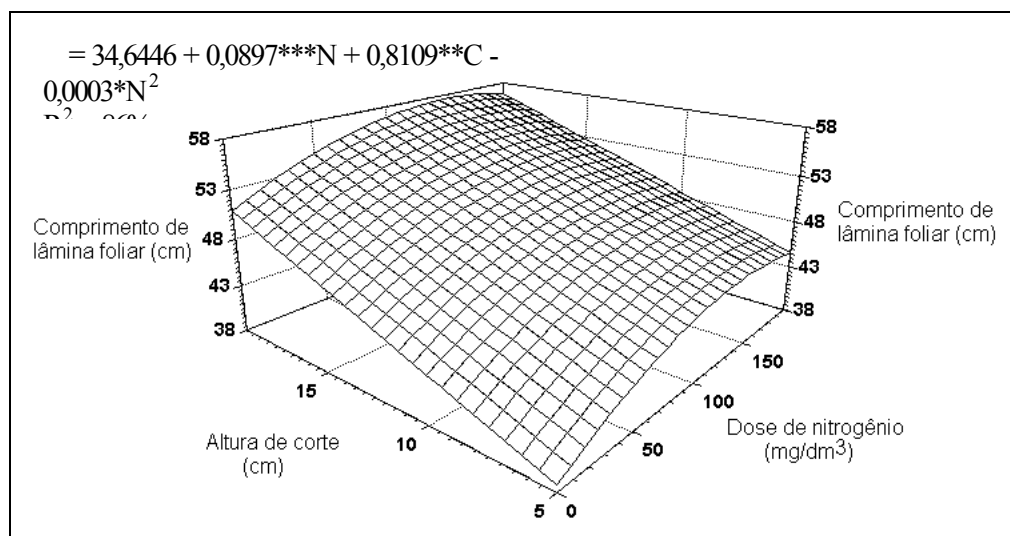


Figura 7- Comprimento médio final de lâmina foliar do capim - Mombaça por perfilho em função das doses de N e das alturas de corte; significativo a 1%(***) , 5%(**) e 10%(*)

4.2.2. Número de folhas por perfilho

Tanto o número total de folhas como o de folhas verdes foram significativamente afetados pelas doses de N (Figura 8 e 9), sendo que para a variável folhas verdes foi verificado o efeito adicional da altura de corte (Figura 9). O número total de folhas, de acordo com o modelo ajustado, segundo as doses de 0, 50, 100 e 200 mg/dm³ de N, foram respectivamente de: 2,9; 4,0; 4,9 e 6,0 folhas por perfilho.

O número de folhas verdes aumentou linearmente com o suprimento de nitrogênio e com as alturas de corte, encontrando na maior dose de N e altura de corte seus maiores valores. Ao avaliar os perfilhos foi possível caracterizar um dinâmico padrão de crescimento foliar (LANGER, 1974). Encontrou-se, em média, de 1 a 2 folhas visíveis em expansão por perfilho, sendo o maior número de folhas em expansão característica dos perfilhos com maior número total de folhas.

A variação no número total de folhas, no presente estudo, apesar de não seguir o padrão demonstrado por YANG e MATTHEW (1998), em relação as alturas de corte, foi suportada em relação ao efeito do suprimento do nitrogênio pelo trabalho de DURU e DUCROCQ (2000A), onde esses autores verificaram também expressiva significância do nitrogênio, ratificando em parte os resultados obtidos. Na verdade, o que se desvela, é que ambos os trabalhos citados e o presente estudo, são concordantes na combinação das variáveis TA_F e DVF como condicionantes da plasticidade fenotípica das plantas. Observa-se, no presente estudo, que embora o efeito do corte não tenha sido significativo em relação ao número total de folhas, este foi em relação ao número de folhas verdes e DVF, sendo esta última variável, segundo LEMAIRE e AGNUSDEI (1999), determinante do número de folhas do perfilho. A significância do corte em relação a DVF poderia ser, então, uma forma indireta da altura de corte regular o número total de folhas. Este

comportamento ressalta a importância do regime de corte na caracterização da estrutura do perfilho, mesmo quando estatisticamente não significativo na definição do número total de folhas.

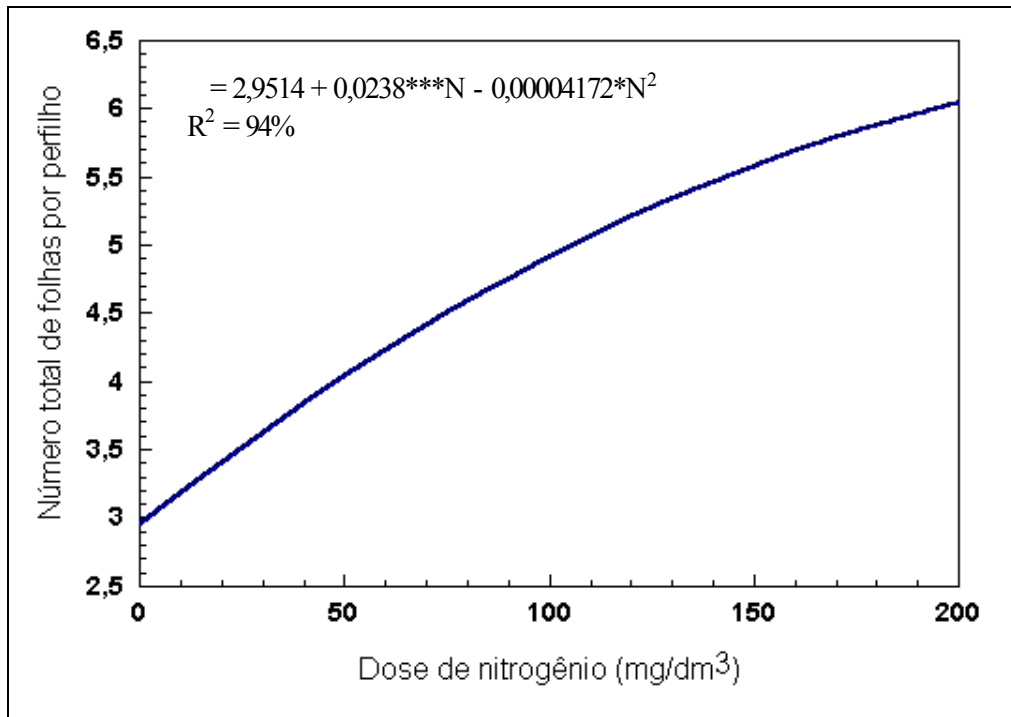


Figura 8- Número total de folhas por perfilho de capim – Mombaça em função das doses de N; significativo a 1%(***) e 10%(*)

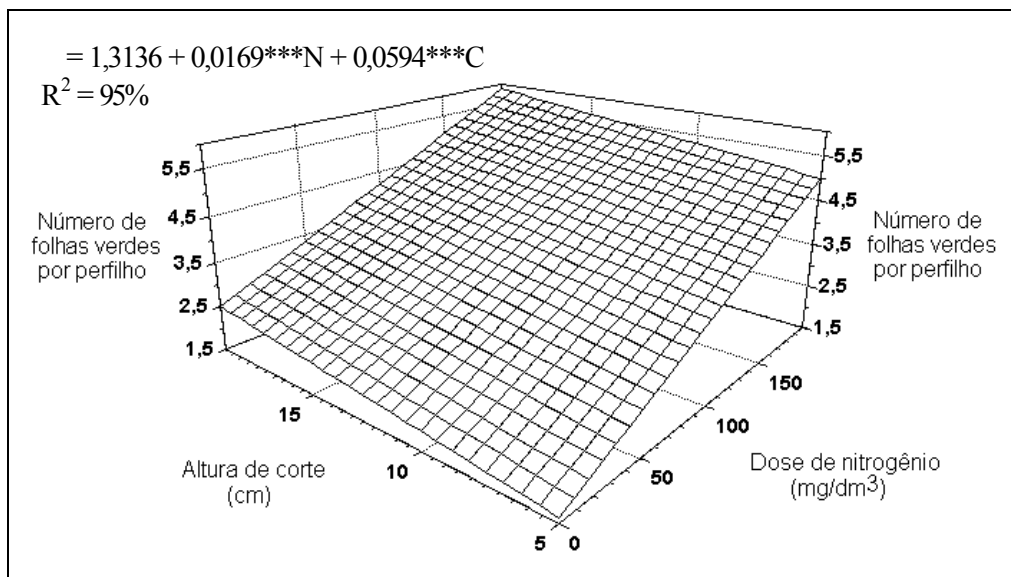


Figura 9- Número de folhas verdes por perfilho de capim - Mombaça em função das doses de N e das alturas de corte; significativo a 1% (***)

Nesse contexto, o número total de folhas expressaria o potencial de assimilação de carbono, dado pelo número de folhas verdes, modificado pelo padrão na alocação de recursos para o crescimento, particularmente quando estabelecido o processo de senescência. Os dados mostram que o nitrogênio pode, simultaneamente, aumentar não só o número de folhas totais, mas também o número de folhas verdes. Este comportamento é ratificado pela baixa senescência de folhas mesmo em alturas mais elevadas de nitrogênio.

Como o nitrogênio elevou a DVF, esta variável foi fundamental para o maior NFV no perfilho. O número total de folhas para uma dose de 150 mg/dm³ de N e uma altura de corte de 10 cm seria estimada em 5,6 folhas, valor este muito próximo (pouco acima de 5 folhas) ao encontrado por GOMIDE (1997A) em condição experimental semelhante.

4.2.3. Número de perfilhos

O suprimento de nitrogênio teve um efeito significativo ($P < 0,01$) sobre o número total de perfilhos e sobre a produção de perfilhos no período, revelando um padrão quadrático na resposta da variável, de acordo com as equações ajustadas (Figuras 10 e 11). Não foi observado qualquer influência da altura de corte sobre o perfilhamento ($P > 0,10$).

O elevado número total de perfilhos obtido apresentou correlação linear significativa ($P < 0,0001$) com o número total de folhas ($r = 0,75$) e, conseqüentemente, com a TA_{pF} ($r = 0,75$), comportamento semelhante ao encontrado por ZARROUGH et al. (1984). A TA_{pF} constitui importante determinante na taxa potencial de produção de sítios para a geração de novos perfilhos, sítios estes que desenvolverão perfilhos em função da interação de vários outros fatores, tais como luz e nutrientes.

Trabalhos têm demonstrado tanto o efeito do nitrogênio (MAZZANTI et al., 1994; SIMON e LEMAIRE, 1987), como o de regimes de corte (GRANT et al., 1981) sobre o perfilhamento. A TA_{pF} realmente

configura sua importância na produção de perfilhos quando as plantas formam dosséis espaçados, onde a competição por nutrientes ainda não é tão alta. Nessa condição, a taxa de perfilhamento é possível de ser

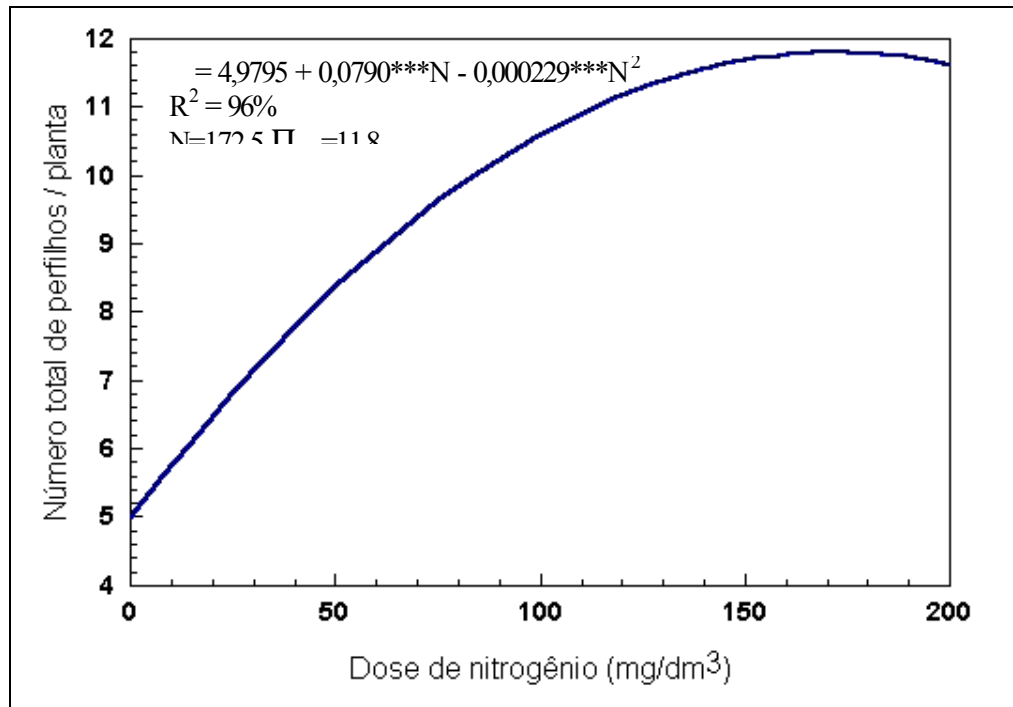


Figura 10- Número total de perfilhos por planta, no capim – Mombaça, em função das doses de N; significativo a 1% (***)

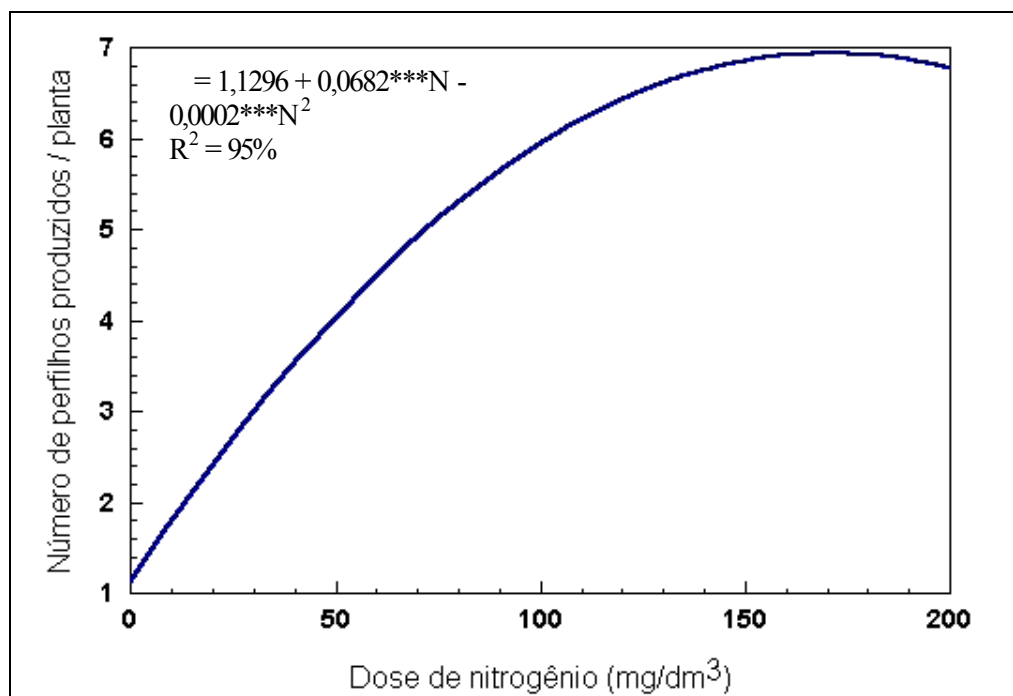


Figura 11- Número de perfilhos por planta de capim – Mombaça produzidos no período de rebrotação em função das doses de N; significativo a 1% (***) estimada a partir da TA_F, caracterizando o termo “site filling”, inicialmente proposto por DAVIES (1974). Numa condição de dosséis muito densos, o perfilhamento normalmente é inferior ao potencial dado pela TA_F, caracterizando o efeito de forte competição entre indivíduos por assimilados e luz e definindo o conceito de “site usage” (SKINNER e NELSON, 1992).

Como visto acima, a TA_F sugere ser a ferramenta básica inicial no estabelecimento do estande, podendo ser altamente significativa, tanto em função do corte, como do nitrogênio ou ambos. Considerando o corte, este fator terá sua ação estabelecida pelo encurtamento do trajeto da folha dentro da bainha assim como pela maior penetração de luz no dossel. Em se tratando de cultivo em vasos, não se estabeleceria uma limitação à penetração de luz para a ativação das gemas axilares, gemas estas de onde se desenvolveriam os novos perfilhos. Esta é uma possível explicação para falta de significância estatística da altura de corte sobre esta variável na condição de primeira rebrotação, como a adotada no presente experimento.

DAVIES e THOMAS (1983) demonstraram que não havia relação direta entre a paralisação do perfilhamento e a disponibilidade de assimilados, de modo que o fenômeno seria essencialmente uma resposta morfogênica à luz.

A importância da luz, na sua quantidade e qualidade, é descrita ainda por outros autores (DEREGIBUS et al., 1983; CASAL et al., 1985). É exemplificado que com um aumento do índice de área foliar e diminuição do perfilhamento a TA_F pode ser aumentada. Esse fenômeno pode ser interpretado como uma adaptação de plantas individuais a severa competição por luz em dosséis muito fechados, o que determina a alocação de carboidratos preferencialmente para o alongamento de folhas.

Quanto ao nitrogênio, foi visível o seu efeito sobre o número total de perfilhos, mas principalmente sobre o número de perfilhos produzidos

no período de rebrotação. Obteve-se, em relação às doses de 0, 50, 100 e 200 mg/dm³ de N, levando-se em conta a equação ajustada, médias de total de perfilhos e de perfilhos produzidos no período iguais a: 5(1), 8(4), 10(6) e 12(7) perfilhos por planta.

No presente estudo, a taxa de alongamento de folhas foi positivamente correlacionada (linear) com a produção forrageira ($r = 0,80$; $P < 0,0001$), concordando com HORST et al. (1978), e positivamente correlacionada com a produção por perfilho. No entanto, não foi verificada correlação negativa com o número de perfilhos como proposto por ZARROUGH et al. (1984). Na verdade, como houve correlação linear positiva entre $TA_{\text{P}}F$ e $TA_{\text{L}}F$ frente aos fatores estudados, esperava-se, como aconteceu, que o perfilhamento não seguisse a proposição de Zarrouh et al. (1984), quanto a correlação sugerida entre as variáveis $TA_{\text{L}}F$ e número total de perfilhos.

No estudo conduzido por MAZZANTI et al. (1994), os autores verificaram que a adubação nitrogenada elevou o número de perfilhos em 22% quando o suprimento de N passou de 45 para 90 Kg/ha aplicados a cada 45 dias. No mesmo experimento, foi constatado um aumento de 39% no crescimento da planta forrageira como consequência de um aumento em 21% na densidade populacional de perfilhos e de 23% na $TA_{\text{L}}F$.

Esse comportamento pode ter influência sobre o tipo de manejo empregado, ou seja, em pastejo sob lotação contínua é esperada menor $TA_{\text{L}}F$ mas com uma compensação de uma maior produção de perfilhos, sendo que em pastejos menos frequentes, como nos pastejos rotacionados, pode-se encontrar maior $TA_{\text{L}}F$ acompanhada também por uma maior produção de perfilhos.

O perfilhamento em gramíneas constitui característica estrutural fortemente influenciada por uma larga combinação de fatores nutricionais, ambientais e de manejo sobre características morfogênicas, que, por sua vez, são determinantes para a resposta morfogênica das plantas forrageiras.

Diferentemente do que aconteceu com as variáveis morfogênicas e estruturais, que de uma forma geral responderam predominantemente ao

nitrogênio, os dados de massa seca mostraram resposta significativa às alturas de corte. Foi observada também interação entre doses de nitrogênio a alturas de corte.

Apesar dos fatores envolvidos no estudo serem quantitativos (doses de nitrogênio e alturas de corte), e portanto, seus efeitos terem sido avaliados por meio de análise de regressão, apenas a título de uma informação adicional, no quadro 3 está apresentado a significância para os efeitos principais e de interação, obtidos da análise de variância (ANOVA), segundo o delineamento experimental descrito na metodologia.

Quadro 3 – Significância para os efeitos de nitrogênio, corte e interação para as variáveis avaliadas

Fonte de variação	Variáveis		
	MSTot	MSFol	PMP
Nitrogênio (N)	*	*	*
Corte (C)	*	*	ns
Interação (NxC)	**	ns	*

MSTot= matéria seca total(parte aérea); MSFol= matéria seca de folhas; PMP= peso médio do perfilho; Significância de 1%(*) e 5%(**)

4.3. Produção de matéria seca

Foi marcante o papel do nitrogênio no aumento da produção de massa seca total da parte aérea, sendo estatisticamente significativos os efeitos linear e quadrático do N ($P < 0,01$), como também significativa a interação desse fator com os cortes ($P < 0,01$). Na tabela 3 é apresentada a média dos dados de produção de matéria seca total e de folhas em função das doses de N e das alturas de corte.

Tabela 3. Médias da produção de massa seca total de parte aérea, massa seca de folhas e razão massa seca de folhas/massa seca de parte aérea do capim - Mombaça, em função das doses de N e das alturas de corte.

Altura de corte (cm)	Produção de massa seca de parte aérea (g/vaso)				Média ± desvio padrão
	Dose de N (mg/dm ³)				
	0	50	100	200	

5	15,2	45,6	63,1	82,1	51,5 ± 28,4
10	19,2	43,1	62,1	87,5	52,9 ± 28,9
20	18,5	40,7	57,5	72,8	47,4 ± 23,3
Média ± desvio padrão	17,6 ± 2,1	43,1 ± 2,4	60,9 ± 2,9	80,8 ± 7,4	

Continuação Tab. 3					
Produção de massa seca de folhas (g/vaso)					
Dose de N (mg/dm ³)					
Altura de corte (cm)	0	50	100	200	Média ± desvio padrão
5	11,1	31,4	42,7	53,8	34,7 ± 18,2
10	15,7	31,4	47,0	63,3	39,3 ± 20,4
20	17,8	37,1	50,7	61,0	41,6 ± 18,7
Média ± desvio padrão	14,9 ± 3,4	33,3 ± 3,3	46,8 ± 4,0	59,4 ± 4,9	

Razão massa seca de folhas / massa seca de parte aérea					
Dose de N (mg/dm ³)					
Altura de corte (cm)	0	50	100	200	Média ± desvio padrão
5	0,73	0,69	0,68	0,65	0,69 ± 0,03
10	0,81	0,73	0,76	0,72	0,75 ± 0,04
20	0,96	0,91	0,88	0,84	0,90 ± 0,05
Média ± desvio padrão	0,83 ± 0,12	0,78 ± 0,12	0,77 ± 0,10	0,74 ± 0,10	

O modelo completo, isto é, o modelo polinomial quadrático envolvendo as duas variáveis independentes, foi o que melhor se ajustou aos dados, e a equação de regressão ajustada está apresentada na Figura 12. Na Figura 13 estão apresentados cortes na superfície ajustada, comparando-se as alturas avaliadas.

Considerando a média das três alturas de corte em função da adubação nitrogenada, e tomando o tratamento sem suprimento de N como referência, o N promoveu um aumento na produção de massa seca de cerca de 239, 346 e 456% para as doses de 50, 100 e 200 mg/dm³ de N, respectivamente. Tal incremento revela a importância do elemento N para a geração de aumento na produção de forragem.

Em um trabalho conduzido por HUNT et al. (1981), foi feita uma avaliação detalhada do efeito da aplicação de nitrogênio sobre o rendimento de *Lolium perenne* na primeira rebrotação. O trabalho revelou uma diferença média de 296% na produção forrageira frente a uma variação no suprimento de N entre 0 e 100 Kg/ha. No entanto, essa diferença foi de até 409% onde nenhuma aplicação prévia de N era feita sobre o estande. No mesmo trabalho, os autores verificaram, em um período de rebrotação de 4 semanas, que a resposta ao nitrogênio (Kg de matéria seca/Kg de N aplicado) era maior nas doses mais baixas de N,

independentemente de qualquer aplicação de N anterior ao corte. Resultados semelhantes foram encontrados por PIETERSE et al. (1997), trabalhando com *Panicum maximum*. No presente estudo a eficiência de

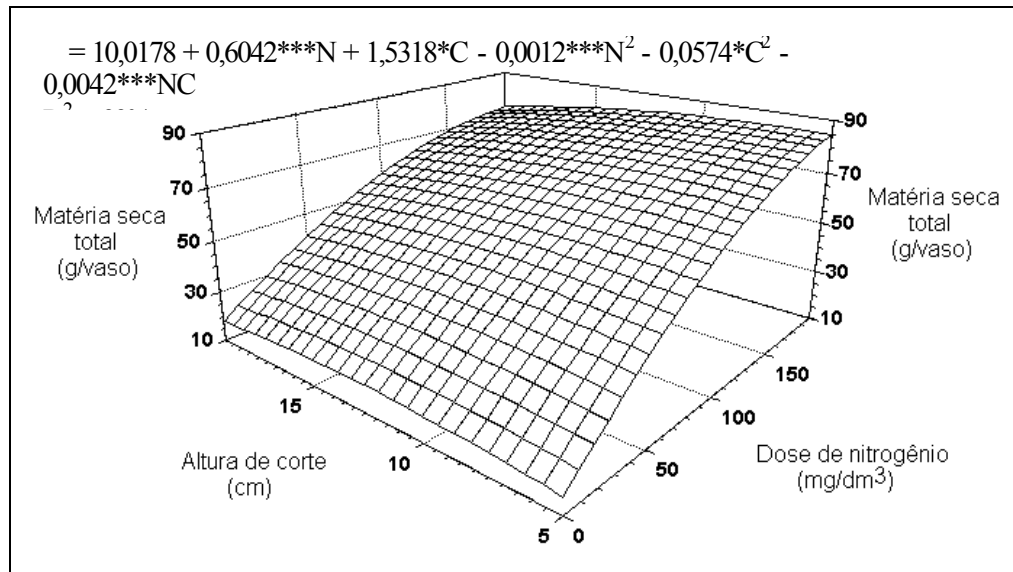


Figura 12- Produção de massa seca total de parte aérea de capim – Mombaça em função dos níveis de N e das alturas de corte, segundo o modelo ajustado; significativo a 1% (***) e 10% (*)

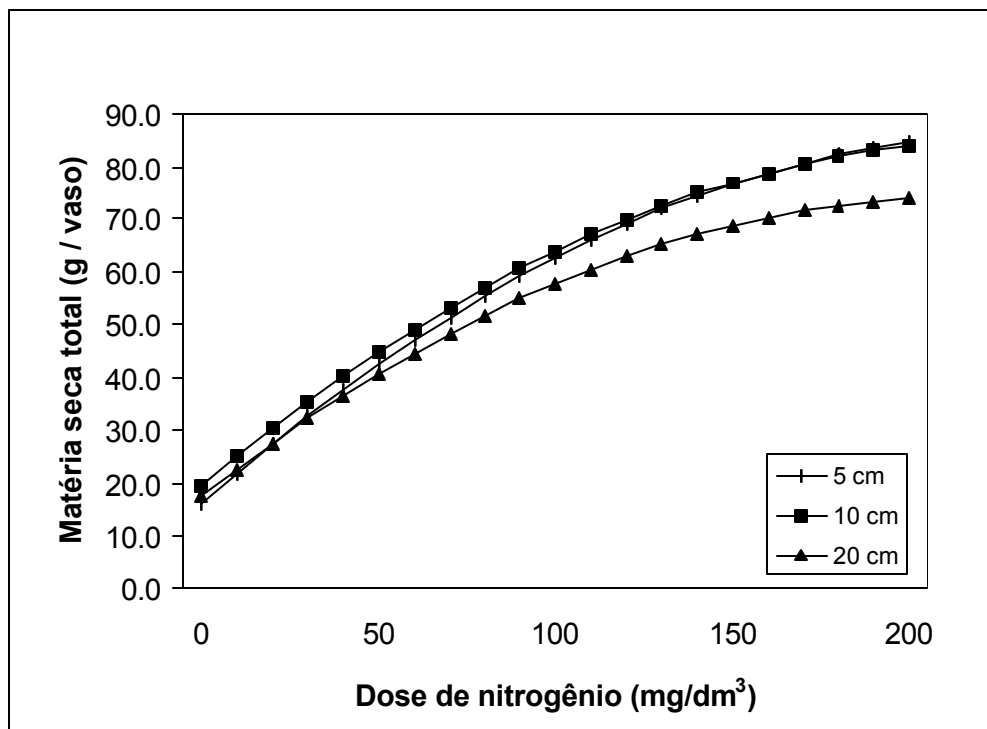


Figura 13- Produção de matéria seca total de parte aérea de capim – Mombaça em função das doses de N para cada corte: 5, 10 e 20 cm, a partir dos cortes na superfície ajustada para produção de massa seca total.

uso de N apresentou comportamento semelhante ao experimento conduzido por Hunt et al. (1981) e Pieterse et al. (1997) para todas as alturas de corte.

O experimento foi também avaliado quanto a produção de lâminas foliares. Essa variável mostrou diferença significativa quanto aos tratamentos envolvendo tanto o suprimento de N ($P < 0,01$), quanto as diferentes alturas de corte ($P < 0,05$). A equação de regressão ajustada está apresentada na Figura 14. Na figura 15 é mostrada a produção de folhas em função das doses de N para cada altura de corte estudada.

Analisando os dados da massa seca total e de lâminas foliares, é possível observar que embora a altura de corte mais baixa (5 e 10 cm) tenha gerado maiores produções totais de massa seca, o corte efetuado a 20 cm por deixar maior resíduo de haste (pseudocolmo) tinha na composição de sua massa seca total proporcionalmente mais folhas que nas demais alturas (Tabela 3). Tal comportamento pode ser também avaliado através da comparação das curvas das figuras 13 e 17, onde o corte efetuado a 20 cm foi o que apresentou maior massa seca de folhas com menor massa seca total de parte aérea.

Em experimentos a campo, apesar de se esperar respostas menos acentuadas em função do maior número de fatores interagindo sobre a variável, pode-se também observar a considerável significância do papel fundamental do nitrogênio sobre o desempenho produtivo das plantas e sua influência associada a características morfogênicas e estruturais dentro da comunidade de plantas (HUNT et al., 1981; PIETERSE et al., 1997; SIMON e LEMAIRE, 1987; MAZZANTI et al., 1994).

Ao avaliar-se, no presente estudo, o comportamento do peso médio do perfilho em relação aos tratamentos utilizados, foi observado que o peso do perfilho aumentou como resposta ao incremento nos níveis de nitrogênio ($P < 0,05$). No entanto, a equação ajustada mostrou

que além do efeito do nitrogênio havia também a interação entre N e as alturas de corte ($P < 0,10$). Como adotado para as demais variáveis de produção, foram efetuados cortes na superfície ajustada para melhor

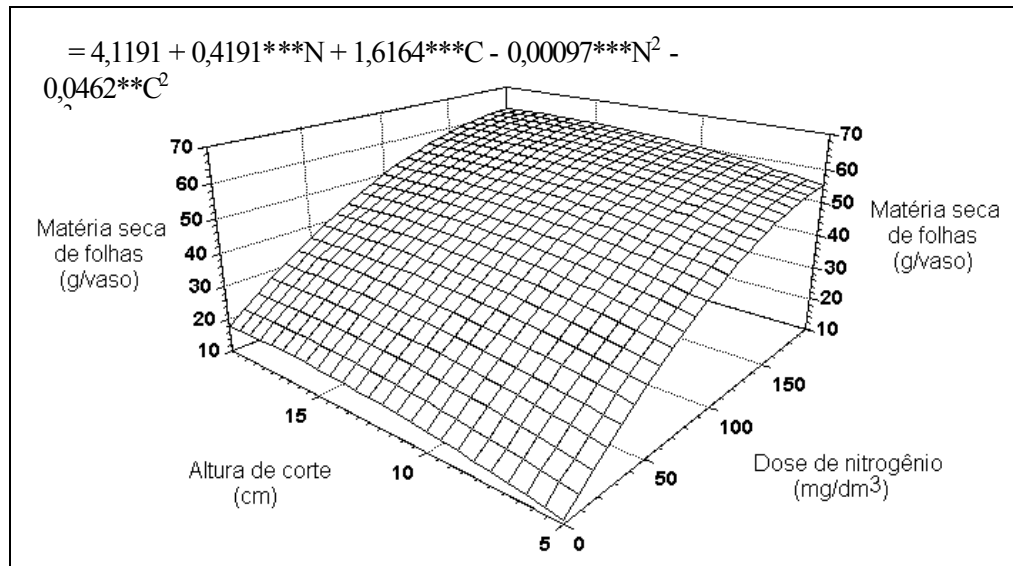


Figura 14- Produção de massa seca de lâminas foliares de capim - Mombaça em função das doses de N e das alturas de corte; significativo a 1% (***) e 5% (**)

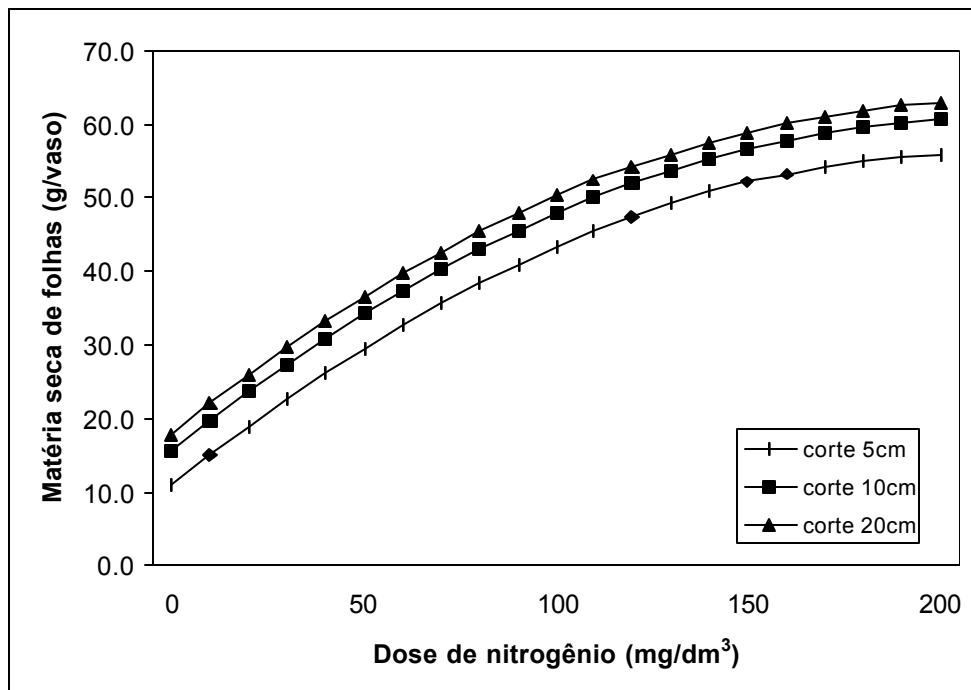


Figura 15- Produção de massa seca de lâminas foliares de capim - Mombaça em função das doses de N para cada corte: 5, 10 e 20 cm, a partir dos cortes na superfície ajustada para produção de massa seca de lâminas foliares.

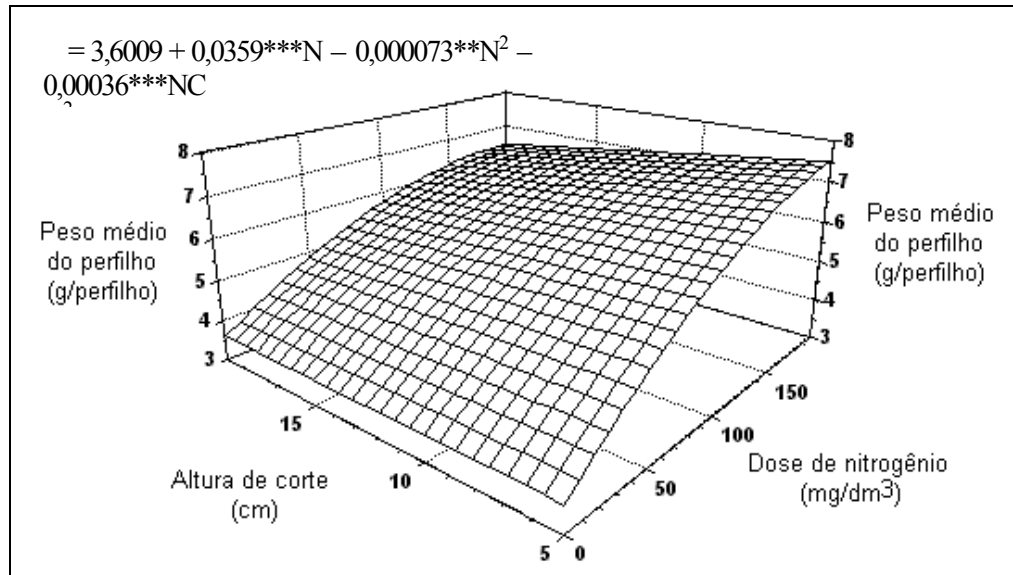


Figura 16- Peso médio do perfilho de capim – Mombaça em função das doses de nitrogênio e das alturas de corte; significativo a 1%(***) e 5%(**)

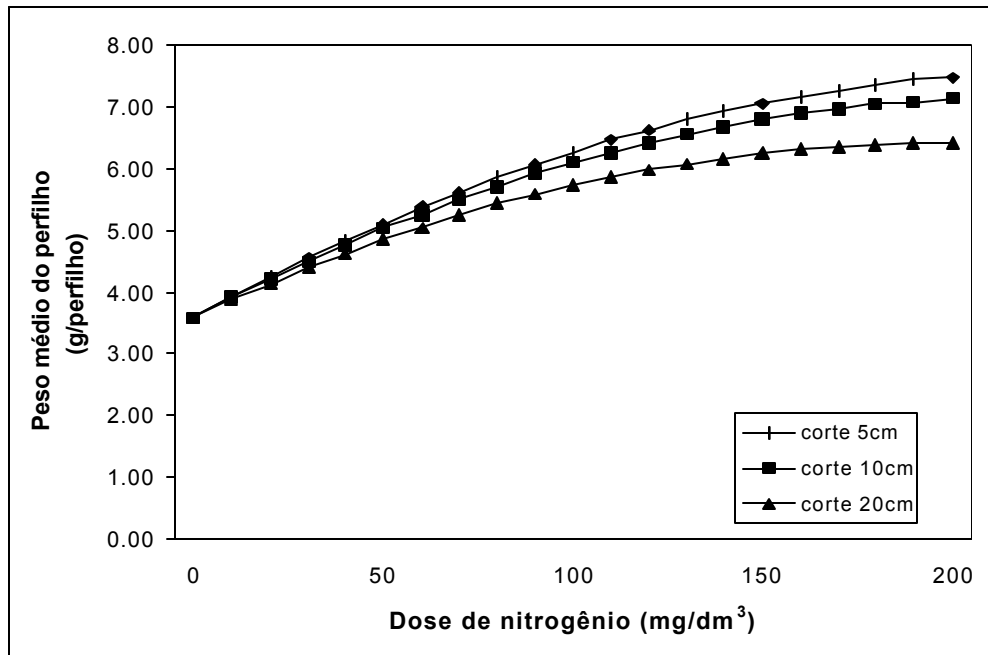


Figura 17- Peso médio do perfilho de capim – Mombaça em função das doses de N nas três alturas de corte: 5, 10 e 20cm, a partir de cortes na superfície ajustada.

visualizar o comportamento da variável em função das doses de N em cada altura testada (Figuras 16 e 17).

Tal comportamento revelou que quando os cortes eram efetuados a maiores alturas, o peso do perfilho diminuía. Esse padrão, apesar de fugir do comportamento proposto por ZARROUGH et al. (1994), mostra-se consistente com o restante dos dados obtidos no presente trabalho. A provável explicação para tal fenômeno pode ser suportada, pela alta correlação linear positiva verificada entre TA_{LF} , TA_{PF} e número de perfilhos. Essa situação revela, como também encontrado por MAZZANTI et al. (1994), que em determinadas práticas de manejo é possível incrementar o número e o peso de perfilhos, quebrando o equilíbrio típico de uma comunidade de plantas cultivadas, cabendo ao manejador identificar as peças chaves no controle do crescimento para otimizar a produção da forrageira.

Em condições de rebrota após uma severa desfolhação, onde todo tecido foliar foi removido e/ou a dominância apical foi anulada pela eliminação do meristema, pode-se observar em um adequado estado

nutricional, hídrico e luminoso um aumento paralelo no número de indivíduos no estande e no peso do perfilho. Situação como esta é característica também no processo de estabelecimento de pastos recém implantados. Esse comportamento, apesar de apresentar um caráter transitório no processo de desenvolvimento das plantas dentro de sua comunidade por efeito de competição intra-específica pelos recursos produtivos, é de grande importância quando se objetiva determinar melhor uso de insumos de alto custo na produção animal suportada pelo uso racional das pastagens.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente estudo foi conduzido em casa-de-vegetação da Unidade de Crescimento de Plantas, campus da Universidade Federal de Viçosa, com o objetivo de avaliar as respostas morfogênicas, estruturais e

a produção forrageira (massa seca) da gramínea *Panicum maximum* cv. Mombaça em rebrotação. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com 11 dm³, sob regime de luz e temperatura natural e utilizando-se solo da região. O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos ao acaso com três repetições e as análises estatísticas caracterizadas através de estudo de análise de regressão.

O experimento foi realizado testando-se o efeito do N e de diferentes alturas de corte sobre características morfogênicas, estruturais e produção da gramínea. No estudo, foram utilizadas quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 mg/dm³) e três alturas de corte (5, 10 e 20 cm), em um arranjo fatorial 4 X 3, totalizando doze tratamentos.

Os resultados obtidos mostraram que, em relação as variáveis morfogênicas: a taxa de aparecimento de folhas, filocrono e taxa de alongamento de folhas, são bastante significativas em resposta ao suprimento de N, mas não o são em relação as diferentes alturas de corte. A duração de vida e alongamento da folha, diferentemente do que aconteceu com as demais variáveis morfogênicas, foram também caracterizadas pelas alturas de corte, mostrando que a persistência de lâminas foliares no perfilho pode ser aumentada de forma bastante expressiva através de maiores alturas. Em relação a essa variável a altura de corte apresentou maior efeito que o nitrogênio.

Houve uma correlação linear significativa entre TA_F e TA_LF (r = 0,94; P<0,0001). Esse tipo de comportamento associado a DVF, caracterizou um padrão no fluxo de tecidos, onde a gramínea, sob alta temperatura, bom suprimento de água, luz e N é capaz de desenvolver uma resposta morfogênica que assegure melhor rendimento quantitativo e qualitativo da produção.

Em termos de estrutura, tanto o efeito do nitrogênio como das alturas de corte foram relevantes no processo morfogênico da planta forrageira, sendo o papel da altura de corte o maior responsável pelas variações no tamanho das lâminas foliares.

Quanto ao número de folhas verdes o principal agente transformador foi o nitrogênio. A observação desse comportamento está bem associada a DVF, particularmente a menores alturas de corte como

verificado para 5 e 10 cm. A importância do N define não só a TA_{PF} , mas também a TA_{LF} , como componentes fundamentais na plasticidade fenotípica da planta, tanto em relação a planta como indivíduo, através do número de folhas e duração do alongamento, como também em termos de comunidade de plantas pela geração de novos perfilhos.

O nitrogênio promoveu um expressivo aumento na produção de massa seca em 239, 346 e 456% para as doses de 50, 100 e 200 mg/dm³ de N, respectivamente. Tal incremento constituiu constatação da importância do elemento N para o aumento de produção das plantas forrageiras.

Adicionalmente ao efeito isolado do N, as alturas de corte, através da destacada interação com o nitrogênio, revelaram uma dinâmica diferente do peso médio do perfilho em relação aos tratamentos, mostrando que em determinadas condições de manejo, tanto o peso do perfilho como o número de perfilho podem ser aumentados ou diminuídos em consequência de determinadas práticas de manejo, como após corte ou pastejo muito severo ou em processo de estabelecimento do estande onde ainda não foi conseguido o equilíbrio populacional da comunidade. Numa situação onde a prática de manejo levou a quebra de estrutura da comunidade, o uso da fertilização nitrogenada pode servir como meio de acelerar a recuperação do pasto em direção ao equilíbrio do ecossistema.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, G., NELSON, C.J. 1991. Photosynthate partitioning in basal zones of tall fescue leaf blades. **Plant Physiology**, v.95, p.663-668.

BARBOSA, M. A. A. F., DAMASCENO, J. C., CECATO, U. et al. Dinâmica do aparecimento, expansão e senescência de folhas em cultivares de

Panicum maximum. Anais...**XXXIII Reunião Anual Soc. Bras. Zootecnia**. Anais, Seção Forragicultura, Fortaleza, p.101-103. 1996.

BÉLANGER, G., GASTAL, F., WAREMBOURG, F. 1992A. Growth analysis of tall fescue sward fertilized with different rates of nitrogen. **Crop Science** 32, p.1371-1376.

BÉLANGER, G., GASTAL, F., WAREMBOURG, F. 1992B. The effects of nitrogen fertilization and growing season on carbon partitioning in a sward of tall fescue. **Annals of Botany**, v. 70, p.239-244.

BONHOMME, R. 2000. Bases and limits to using "degree.day" units. **European Journal of Agronomy**, v.13, p.1-10.

CASAL, J. J., DEREGIBUS, V. A., SANCHEZ, R. A. 1985. Variation on tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. Vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red irradiation. **Annals of Botany**, v.56, p.553-559.

CORSI, M., Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter productivity, tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum* (Jacq.). Ohio. EUA: Ohio State University, 1984, 125p. Tese (Ph.D.).

CLEMENT, C. R., et al. 1978. The uptake of nitrate by *Lolium perenne* from flowing nutrient solution. II. Effect of light, defoliation, and relationship to CO₂ flux. **Journal of Experimental Botany**, v.29, p.1173-1183.

CRUZ, P., BOVAL, M. 1999. Effect of nitrogen on some traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: Lemaire, G. (ed.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Proceedings of an International Symposium*, Curitiba, Brazil, august 1999, p.134-150.

DALE, J. E. **The growth of leaves**. London: Edward Arnold, 1982. 60p. (studies in biology, 137).

DA SILVA, S. C., PEDREIRA, C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: Favoretto, V., Rodrigues, L. R. A., Rodrigues, T. J. D. (eds.) **ECOSSISTEMA DE PASTAGENS**, III, Jaboticabal, 1997. Anais...Jaboticabal: UNESP, 1997. 341p.

DAVIES, A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **Journal of Agricultural Science**, v.82, p.165-172.

- DAVIES, A., THOMAS, H. 1983. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. **Annals of Botany**, v.57, p.591-597.
- DAVIES, A. 1988. The regrowth of grass swards. In: Jones, M. B. and Lazemby, A. (eds.) *The Grass Crop: The physiological basis of production*. Chapman and Hall, London. p.85-127.
- DEREGIBUS, V. A., SANCHEZ, R. A. CASAL, J. J. 1983. Effects of height quality on tiller production in *Lolium* sp. **Plant Physiology**, v.71, p.900-912.
- DURU, M., DUCROCQ, H. 2000A. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, v.85, p.645-653.
- DURU, M., DUCROCQ, H. 2000B. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, v.85, p.635-643.
- 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.
- FRANK, A.B., BAUER, A. 1982. Effect of temperature and fertilizer N on apex development in spring wheat. **Agronomy Journal**, v.74, p.504-509.
- FRANK, A.B., BAUER, A. 1995. Phyllochron differences in wheat, barley, and forage grasses. **Crop Science**, v.35, p.19-23.
- GAULTIER, H. et al. 1999. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v.83, p.423-429.
- GASTAL, F., BÉLANGER, G. 1993. The effects of nitrogen and the growing season on photosynthesis of fieldgrown tall fescue canopies. **Annals of Botany**, v. 72, p.401-408.
- GASTAL, F., BELANGER, G., LEMAIRE, G. 1992. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany** 70, p.437-442.
- GASTAL, F., NELSON, C.J. 1994. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, v.105, p.191-197.
- GOMIDE, C.A. 1997A. Morfogênese e análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.). UFV. Viçosa-MG. 1997. 53p. (Dissertação) Mestrado em Zootecnia.

- GOMIDE, J. A. 1997B. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: Gomide, J. A. (ed.). *Simpósio internacional sobre produção animal em pastejo*. Viçosa. 1997. Anais...Viçosa. 1997. 471p.
- GRANT, S. A., BARTHAM, G. T., TORVEL, L. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. **Grass and Forage Sci.**, v. 36, p.155-168, 1981.
- GRANT, S. A., BARTHAM, G. T., TORVEL, L. et al. 1988. Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. **Grass and Forage Sci.**, v. 43(1): p.29-39.
- HAY, R.K.M., BROWN, J.R., 1988. Field studies of leaf development and expansion in the leek (*Allium porrum*). **Annals of Applied biology**, v.113, p.617-625.
- HODGSON, J. 1990. **Grazing Management: Science into practice**. John Wiley & Sons, New York. 203p.
- HORST, G. L., NELSON, C. J., ASAY, K. H. 1978. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, v. 18, p.715-719.
- HUMPHREYS, L. R. **Tropical pasture utilization**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 206p.
- HUNT, I. V., FRAME, J., HARKESS, D. 1981. The development of response to fertilizer nitrogen in the first regrowth of perennial ryegrass. **Grass and Forage Sci.**, v.36, p.1-7.
- LAWLOR, D. W. Photosynthesis, productivity and environment. **J. Exp. Botany**, v. 46 (especial issue), p.1449-1461, 1995.
- LANGER, R. H. M. **How grasses grow**. 1974. ed. London: Edward Arnold, 60p.
- LARCHER, W. *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Ed. Springer Verlag, 506p.
- LEMAIRE, G. 1988. Sward dynamics under different management programs. *Proceedings of the 12th General Meeting of the European Grassland Federation*, p.07-22.
- LEMAIRE, G. e CHAPMAN, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J., Illius, A. W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Cab international, p.03-36.

- LEMAIRE, G., AGNUSDEI, M. 1999. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: Lemaire, G. (ed.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Proceedings of an International Symposium*, Curitiba, Brazil, august 1999, p.165-186.
- LEMAIRE, G., CULLETON, N. 1989. Effects of nitrogen applied after the last cut in autumn on a tall fescue sward. II. Uptake and recycling of nitrogen in the sward during winter. **Agronomy**, v. 9, p.241-249.
- LONGNECKER, N., KIRBY, E.J.M., ROBSON, A. 1993. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. **Crop Science**, v.33, p.154-160.
- MacADAM, J.W. et al. 1989. Effects of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall fescue leaf blades. **Plant Physiology**, v.89, p.549-559.
- MAZZANTI, A., LEMAIRES, G., GASTAL, F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. **Grass and Forage Sci.**, v.49, p.111-120.
- MIGLIETA, F. 1991. Simulation of wheat ontogenesis. I. Appearance of mean stem leaves in field. **Climate Research**, v.1, p.145-150.
- NABINGER, C. 1997. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: Peixoto, A. M., Moura, J. C., Faria, V. P. (eds.) *Anais do 14º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Tema: Fundamentos do Pastejo Rotacionado*. FEALQ, Piracicaba, SP, p.231-251, 327p.
- NEUTEBOOM, J. H., LANTINGA, E. A. 1989. Tillering potential and relationship between leaf and tiller production in perennial ryegrass. **Annals of Botany**, v.63, p.265-270.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 440p.
- OURRY, A., KIM, T. H., BOUCAUD, J. 1994. Nitrogen reserve mobilization during regrowth of *Medicago sativa* L. Relationships between availability and regrowth yield. **Plant Physiology**, v. 105, p.831-837.
- PIETERSE, P. A., RETHMAN, N. F. G., VAN BOSCH, J. 1997. Production, water use efficiency and quality of four cultivars of *Panicum maximum* at different levels of nitrogen fertilization. **Tropical Grasslands**, v.31, p.117-123.
- PINTO, J. C., GOMIDE, J. A. MAESTRI, M. 1994. Produção de matéria seca e relação folha/caule de gramíneas forrageiras tropicais,

- cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.23, n.3, p.313-326.
- RICHARDS, J. H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. In: Baker, M. J. (ed.) **Grasslands for our world**. SIR Publishing, Wellington, p.46-54.
- ROBSON, M. J. 1973. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass. II. Carbon assimilation and respiration in a seedling sward. **Annals of Botany**, v. 37, p.501-508.
- RYLE, G. J. A., POWELL, C. E. 1975. Defoliation and regrowth in the graminaceous plant: the role of current assimilates. **Annals of Botany**, v. 39, p.297-310.
- SANTOS, P. M., BALSALOBRE, M. A. A., CORSI, M. 1999. Uso do número de folhas por perfilho no manejo de *Panicum maximum* cvs. Mombaça e tanzânia. Anais...**XXXVI Reunião Anual Soc. Bras. Zootec.**, Anais, Seção Forragicultura, Porto Alegre, Cd-rom/For-109.
- SAS.INSTITUTE INC. 1990. **SAS/STAT User's Guide**. Version 6.4 ed., V.1, Cary, NC:SAS Institute Inc. 943p.
- SCHNYDER, H. et al., 1999. 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.
- SHEEHY, J. E. et al. 1979. The growth of perennial ryegrass: a model. **Annals of Botany**, v. 43, p.335-354.
- SHEEHY, J. E., JOHNSON, I. R. 1988. Physiological models of grass growth. In: Jones, M. B. and Lazemby, A. (eds.) *The Grass Crop: The physiological basis of production*. Chapman and Hall, London. P.243-275.
- SILSBURY, J. H. 1970. Leaf growth in pasture grasses. **Tropical Grasslands**, v. 4(1): p.17-36.
- SIMON, J. C. e LEMAIRE, G. 1987. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Sci.**, v.42, p.373-380.
- SKINNER, R.H., NELSON, C.J. 1992. Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. **Annals of Botany**, v.70, p.493-499.

- SKINNER, R. H., NELSON, C. J. 1994. Effect of trimming on phyllochron and tillering regulation during tall fescue development. **Crop Science**, v34, n.5, p.1267-1273.
- SKINNER, R. H., NELSON, C. J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10.
- SNYDER, F. W., CARLSON, G. E. Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. **Advances in Agronomy**, v.37, p.47-72, 1984.
- THOMAS, H., STODDART, J. L. 1980. Leaf senescence. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p.83-111.
- THOMAS, H. 1983. Analysis of the nitrogen response of leaf extension in *Lolium temulentum* seedlings. **Annals of Botany**, v.51, p.363-371.
- VAN ESBROECK, G.A., KING, J.R., BARON, V.S. 1997. Leaf appearance rate and final leaf number of switchgrass cultivars. **Crop Science**, v.37, p.864-870.
- VOLENEC, J.J, NELSON, C.J. 1983. Responses of Tall Fescue leaf meristems to N fertilization and harvest frequency. **Crop Science**, v.23, p.720-724.
- VOLENEC, J.J, NELSON, C.J. 1984. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue. II. Relationship to leaf elongation rates modified by nitrogen fertilization. **Plant Physiology**, v.74, p.595-600.
- WILHELM, W. W., McMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop. Science**, v. 35(1): p.01-35. 1995.
- WILMAN, D., DROUSHITOTIS, D. MZAMANE, M.N., SHIM, J.S. 1977. The effect of interval between harvests and nitrogen application on initiation, emergence and longevity of leaves, longevity of tillers and dimensions and weight of leaves and stems in *Lolium*. **Journal of Agriculture Science**, v.89, p.65-79.
- WILSON, R. E., LAIDLAW, A. S. 1985. The role of the sheath tube in the development of expanding leaves in perennial ryegrass. **Annals of Applied Biology**, v.106, p.385-391.
- YANG, J. Z., MATTHEW, C. 1998. Tiller axis observations for ryegrass (*Lolium perenne*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*): number of active phytomers, probability of tiller appearance, and frequency of root appearance per phytomer for three cutting heights. **New Zealand J. Agricultural Research**, v. 41, p.11-17.

ZARROUGH, K. M., NELSON, C. J., SLEPER, D. A. 1984. Interrelationships between rates of leaf appearance and tillering in selected tall fescue populations. **Crop Science**, v.24, p.565-569.

7. APÊNDICE

A temperatura mínima basal da planta pode ser calculada segundo a equação proposta por OMETTO (1981). O cálculo é feito baseando-se nas temperaturas máxima e mínima dos períodos de avaliação. São

utilizados os dados de dois períodos de avaliação, correspondendo a duas datas de plantio.

Em ambos, são registradas as temperaturas e o número de dias gasto até um determinado estado fenológico previamente definido. É importante destacar que o estado fenológico seja o mesmo em ambos períodos e que a temperatura máxima do ar não ultrapasse a temperatura máxima basal da planta.

Alguns dias após o primeiro plantio é feito o segundo plantio. É desejável que o período escolhido seja inverno-primavera, de modo que fique melhor caracterizada as diferenças de temperatura entre períodos.

$$T_b = \frac{N_1(TM_1 - T_{m1}) + 2N_1(T_{m1}) - N_2(TM_2 - T_{m2}) - 2N_2(T_{m2})}{2(N_1 - N_2)}$$

Onde:

T_b = temperatura mínima basal (°C)

N_1 = número de dias do 1º período

N_2 = número de dias do 2º período

TM_1 = temperatura máxima média do ar do 1º período (°C)

T_{m1} = temperatura mínima média do ar do 1º período (°C)

TM_2 = temperatura máxima média do ar do 2º período (°C)

T_{m2} = temperatura mínima média do ar do 2º período (°C)

Dados coletados em ensaio para avaliação da temperatura mínima basal:

N_1 = 26 dias

N_2 = 24 dias

TM_1 = 26,74°C

T_{m1} = 14,63°C

TM_2 = 26,93°C

T_{m2} = 15,58°C

$$T_b = \frac{26(26,74 - 14,63) + 2(26)(14,63) - 24(26,93 - 15,58) - 2(24)(15,58)}{2(26 - 24)}$$

$$T_b = 13,84^{\circ}\text{C}$$

A temperatura máxima do ar ao longo do período experimental ficou abaixo da temperatura máxima basal da planta. A temperatura máxima basal tomada como referência foi 40°C , portanto acima da faixa ótima considerada para plantas C4 ($30 - 40^{\circ}\text{C}$) (LARCHER, W., 1995). A temperatura máxima do ar registrada ao longo do período foi 35°C .

A seguir é feita uma descrição das equações propostas por Ometto (1981) para caracterizar o acúmulo de graus-dia (GD) de crescimento.

Durante o dia há um instante em que o ar atmosférico está em um valor máximo de energia o que corresponde a temperatura máxima do ar (TM), conseqüentemente para o instante de mínima energia, tem-se a temperatura mínima do ar (Tm) do dia.

O valor da energia mínima que garante a atividade metabólica da planta é definida através da temperatura mínima basal (T_b). Apenas em um estado energético acima desse limite o crescimento e o desenvolvimento da planta é beneficiado pelo regime térmico.

O nível energético máximo acima do qual a planta paralisa suas atividades metabólicas é chamado de temperatura máxima basal (TB).

A energia que realmente pode interagir com a planta, trazendo estímulos aos processos metabólicos, deve se situar entre os níveis mínimos e máximos basais. Valores de temperatura do ar inferiores ao mínimo basal e superiores ao máximo basal são retirados do cálculo do acúmulo de graus-dia.

São apresentados cinco casos em que a variação no regime térmico define diferentes acúmulos de energia. O tempo considerado é sempre unitário, e refere-se ao dia.

1º Caso:

A temperatura mínima do ar está acima da temperatura mínima basal da planta, e a temperatura máxima do ar está abaixo da temperatura máxima basal.

$$GD = (TM - Tm) / 2 + (Tm - Tb)$$

2º Caso:

A temperatura mínima do ar está abaixo ou igual a temperatura mínima basal da planta, e a temperatura máxima do ar está abaixo da temperatura máxima basal.

$$GD = ((TM - Tb)/(TM - Tm) \times TM - Tb) / 2$$

3º Caso:

A temperatura máxima e mínima do ar estão abaixo da temperatura mínima basal da planta. A energia à disposição da planta está abaixo do valor mínimo necessário a ela. A energia, expressa em graus-dia, é portanto nula.

4º Caso:

A temperatura mínima do ar está acima da temperatura mínima basal da planta, e a temperatura máxima do ar acima da temperatura máxima basal.

$$GD = \frac{2(TM - Tm)(Tm - Tb) + (TM - Tm)^2 - (TM - TB)^2}{2(TM - Tm)}$$

5º Caso:

A temperatura mínima do ar está abaixo da temperatura mínima basal da planta, e a temperatura máxima do ar acima da temperatura máxima basal.

$$GD = \frac{1}{2} [(TM - Tb)^2 - (TM - TB)^2]$$

TM – Tm

Graus-dia compreende um valor numérico aproximadamente constante para cada estágio fenológico, e pela somatória dos valores diários, determina-se quando esse estágio fenológico estará completado.