

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

JÉSSICA ABREU DE SÁ MEDICA

**PLASTICIDADE FENOTÍPICA DO CAPIM-MARANDU EM RESPOSTA À
DESFOLHAÇÃO E À ADUBAÇÃO**

**UBERLÂNDIA – MG
2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**PLASTICIDADE FENOTÍPICA DO CAPIM-MARANDU EM RESPOSTA À
DESFOLHAÇÃO E À ADUBAÇÃO**

Jéssica Abreu de Sá Medica

Orientador: Prof. Dr. Manoel Eduardo Rozalino Santos

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências Veterinárias.

Área de concentração: Produção Animal.

Linha de pesquisa: Produção de forragens, nutrição e alimentação animal.

**UBERLÂNDIA, MG
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M489p
2016 Medica, Jéssica Abreu de Sá, 1989
 Plasticidade fenotípica do capim-marandu em resposta à desfolhação
 e à adubação / Jéssica Abreu de Sá Medica. - 2016.
 56 f. : il.

Orientador: Manoel Eduardo Rozalino Santos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.
Inclui bibliografia.

1. Veterinária - Teses. 2. Brachiaria brizantha - Teses. 3. Capim-
marandu - Teses. 4. Morfologia vegetal - Teses. I. Santos, Manoel
Eduardo Rozalino. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de
Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

Dedicatória

Dedico essa conquista ao meu pai, Celestino Medica, em quem me inspirei para aprimorar meus estudos. Ele foi e continua sendo um exemplo de garra, esforço e determinação. Sempre que pensei em desistir nas dificuldades que apareceram durante minha vida acadêmica, me lembrei de sua história e segui firme em meu caminho.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por todas as bênçãos e oportunidades que foram colocadas em minha vida.

Em especial ao professor Dr. Manoel Eduardo Rozalino dos Santos, por ter me orientado de forma tão dedicada, atenciosa e paciente, com muita competência e vasta sabedoria. Foi um orientador muito preocupado, que me deu grande apoio em tudo que precisei, e me transmitiu seus conhecimentos com grande boa vontade, além de ter confiado em mim.

À minha mãe, Jussara Abreu de Sá Medica, pelo seu amor incondicional, incentivo e por ter me dado forças nos momentos difíceis, onde o cansaço e o desânimo bateram na minha porta.

Ao meu marido, Maicon Patric da Costa Olivares, pelo seu amor, companheirismo, incentivo e compreensão.

Obrigada também aos amigos que estiveram do meu lado e a todos que contribuíram na minha trajetória.

Biografia

Jéssica Abreu de Sá Medica, filha de Celestino Medica e Jussara Abreu de Sá Medica, nasceu na cidade de Uberlândia, onde reside até hoje.

Em fevereiro de 2012 diplomou-se como Engenheira Agrônoma, pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

No mês de março de 2014 iniciou o Mestrado na mesma instituição, na Faculdade de Medicina Veterinária (FAMEV-UFU) na área de Forragicultura e Pastagens, defendendo a dissertação na data de 01/03/2016.

Trabalha como Engenheira Agrônoma efetiva na Prefeitura de Uberlândia desde setembro de 2013.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Capim-marandu.....	3
1.3 Adaptação da planta à desfolhação.....	4
1.4 Adubação da planta forrageira: ênfase aos efeitos do nitrogênio.....	6
1.5 Modelo conceitual e hipóteses.....	9
REFERÊNCIAS.....	11
CAPÍTULO 2 - MODIFICAÇÕES MORFOLÓGICAS EM PERFILHOS DE CAPIM-MARANDU EM RESPOSTA À DESFOLHAÇÃO E À ADUBAÇÃO.....	16
CAPÍTULO 3 - FORMA DE CRESCIMENTO E REMOÇÃO DE TECIDOS DO CAPIM-MARANDU EM RESPOSTA À DESFOLHAÇÃO E À ADUBAÇÃO.....	32

RESUMO

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu syn. *Urochloa brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) é uma das gramíneas mais utilizadas nos sistemas de produção animal a pasto nos trópicos. Torna-se, então, necessário conhecer as adaptações morfológicas desta importante planta forrageira em resposta às variações do meio, tais como a desfolhação e a adubação. Dessa forma, esse trabalho foi realizado em dois anos experimentais. No primeiro ano, foram avaliados intervalos de corte (sete, 14, 28, 56 e 112 dias), enquanto que no segundo ano, além dos mesmos intervalos de corte estudados no primeiro ano, também foram avaliadas duas condições de adubação com fósforo e nitrogênio, sendo uma baixa (50 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 75 kg ha^{-1} de N) e outra alta (100 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 300 kg ha^{-1} de N). Nos dois anos foi adotado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e no Experimento 2 utilizou-se o esquema fatorial. Em ambos os anos, as respostas do comprimento de colmo, comprimento da lâmina foliar, distância entre lâminas foliares, área foliar e peso do perfilho crescentes com o intervalo de corte. No segundo ano, a alta dose de adubo proporcionou maior número de perfilho vegetativo, distância entre lâminas foliares, área foliar, peso de perfilho, folha e colmo mais compridos, em comparação à baixa dose. Além disso, no segundo ano, houve maior densidade populacional de perfilho reprodutivo com o maior intervalo de corte. No primeiro ano experimental, maior índice de horizontalidade foi encontrado nas plantas submetidas aos cortes mais frequentes e, quando cortadas com maiores intervalos (56 e 112 dias), houve redução desse índice. No segundo ano, a alta adubação aumentou o índice de horizontalidade apenas na planta cortada a cada sete dias. De forma geral, em ambos os anos experimentais, houve acréscimo da massa de forragem remanescente com o aumento dos intervalos de corte. No segundo ano, a massa de forragem remanescente aumentou com a alta adubação, assim como a percentagem de colmo vivo. Em ambos os anos, a massa de forragem e o índice de área foliar removidos foram maiores nos dosséis sob maiores intervalos de corte. Quando o dossel foi submetido à alta adubação, no ano 2, a massa de forragem e o índice de área foliar removidos foram mais elevados, em comparação à condição de baixa adubação. No segundo ano, quando a condição de adubação foi alta, houve menor percentagem de folha viva removida nos dosséis sob cortes intermediários (28 e 56 dias). Concluiu-se que a desfolhação e a adubação causam modificações morfológicas nos perfilhos do capim-marandu, indicando a plasticidade fenotípica desta gramínea. Quando a desfolhação é muito frequente, a maior disponibilidade de nutrientes no solo contribui para que o capim-marandu modifique mais acentuadamente a sua forma de crescimento, passando de ereta para prostrada, em comparação à condição de baixa disponibilidade de nutrientes no solo. Ademais, o aumento do intervalo de corte e a adubação incrementam a remoção da forragem do capim-marandu.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, intervalo de corte, morfologia, perfilho, *Urochloa brizantha*.

ABSTRACT

Brachiaria brizantha cv. Marandu (marandu grass) is one of the most used grasses in systems of pasture production in the tropics. With this, two works were realized to evaluate the phenotypic plasticity of this grass in relation to defoliation and nitrogen fertilization. In the first, for better understanding of the phenotypic plasticity of this plant, aimed characterize morphological responses of tillers of marandu grass before the nitrogen fertilization and frequency of defoliation. The study was conducted in two experimental years. The treatments in the first consisted of different cutting intervals (seven, 14, 28, 56 and 112 days), while the second, the same cutting intervals and phosphorus and nitrogen fertilization conditions (low and high). Were adopted the randomized block design and in experiment two, was used the factorial design with four repetitions. In both experiments the responses to stem length, leaf blade length, space between leaf blade and leaf area and weight of tiller increased with cutting intervals. In experiment two, high doses of fertilization provided larger number of vegetative tillers, space between leaf blades, weight of tiller, longer leaves and stems, and higher population densities of reproductive tillers with greater cutting intervals. Was concluded that the defoliation and the nitrogen fertilization induce to morphologic modifications in the tillers of marandu grass suggesting the phenotypic plasticity of this grass. In the second study aimed to characterize the changes in the way of growth subject marandu grass the cutting intervals and fertilization, as well to evaluate the effect of these variables in the type of growing on forage removed and remaining after of cut. In the first experimental year, the highest horizontal index found in plants subjected to more frequent cuts and, when cut with longer intervals (56 and 112 days), a reduction of the index. In the second year, the high fertilization increased the horizontal index only in the plant cutted every seven days. In general, in both experiments was increased residual forage biomass with increased of cutting intervals. In the second experimental year, the residual forage biomass increased with high fertilization, as well as the percentage of living stems. In the two experiments, the forage biomass and leaf area index were higher in the plants removed in higher cutting intervals. But when subjected to high fertilization, in the experiment two, the forage biomass and leaf area index were higher compared to the low fertilization condition. In the second experimental year when fertilization condition was high, was a low percentage of live leaf under intermediate cutting intervals (28 and 56 days). Was concluded that when the defoliation is very frequent, the increased availability of nutrients in the soil contributes to the *Brachiaria brizantha* cv. Marandu more sharply modify their way of growth, from upright to prostrate, compared to the condition of low availability of nutrients in the soil. Furthermore, the increased cutting interval and fertilization increment the removal of the fodder marandugrass

Keywords: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, cutting intervals, morphology, tillers, *Urochloa brizantha*.

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 - Introdução

A atividade pecuária no Brasil é sustentada pela grande extensão de área de pastagens, que correspondem a cerca de 203 milhões de hectares (BRASIL, 2012), onde é possível produzir com menor custo. Essa vantagem que o país tem sobre os demais o torna um dos principais produtores de carne e leite do mundo. Neste contexto, as pastagens são a principal fonte de alimento dos animais nos sistemas de produção e, portanto, torna-se importante aprofundar os conhecimentos de como a gramínea responde aos fatores de manejo da pastagem, como a desfolhação e a adubação.

As plantas forrageiras mais utilizadas no território brasileiro pertencem ao gênero *Brachiaria* syn. *Urochloa*, tendo destaque para a cultivar Marandu, da espécie *Brachiaria brizantha* syn. *Urochloa brizantha*, conhecida pelo país como capim-braquiário ou capim-marandu. Tal cultivar é utilizada na maior parte do país devido às suas amplas adaptações edafoclimáticas e grande potencial de produção de forragem, quando bem manejada. Além disso, o capim-marandu tolera solos ácidos, com alto nível de alumínio tóxico e, mesmo nessas condições adversas ao crescimento de outras plantas, é capaz de apresentar adequada produção de forragem, com boa capacidade de rebrotação, persistência, resistência à seca e tolerância ao ataque de cigarrinhas (MEIRELLES; MOCHIUTTI, 1999). Tais características podem explicar a grande importância dessa cultivar para a pecuária brasileira e a necessidade contínua de aprofundar os conhecimentos sobre essa planta.

Um fator determinante da produção de forragem é a adaptação da planta à desfolhação, que pode ocorrer por meio de modificações gradativas e reversíveis da sua morfologia, em resposta ao ambiente de desfolhação, um processo conhecido como plasticidade fenotípica ou plasticidade morfológica (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Em desfolhações mais severas, o capim tende ao perfilhamento, característica essencial para a manutenção da sua perenidade na pastagem, porém os perfilhos resultantes são de menor tamanho. As plantas forrageiras que não perfilham, devido ao manejo inadequado da pastagem ou alta pressão de pastejo, proporcionam espaço de solo descoberto, oportunizando o desenvolvimento de plantas invasoras, erosão, lixiviação e degradação do solo, acarretando gastos futuros com recuperação ou reforma do pasto.

Por outro lado, a falta de desfolhação ou quando esta é leniente estimula a planta a crescer no sentido vertical, devido ao alto desenvolvimento de colmos, necessário para expor

as folhas mais jovens nos estratos superiores do pasto, onde a luminosidade é maior. Isso resulta em pasto com morfologia inadequada para o animal no momento do pastejo.

Além da desfolhação inadequada, a baixa disponibilidade de nutrientes, em especial do nitrogênio, é um dos fatores mais limitantes à produção de forragem em pastagens, haja vista que a planta tem potencial de produção geneticamente pré-definido, mas para alcançá-lo, as condições de clima e solo devem ser ideais (FAGUNDES et al., 2006). Portanto, os nutrientes devem ser fornecidos adequadamente, uma vez que o solo geralmente não consegue suprir a demanda da planta e, no caso do nitrogênio, apenas a mineralização da matéria orgânica existente no solo geralmente é insuficiente para fornecer este elemento às plantas forrageiras.

A adubação nitrogenada auxilia a gramínea a se adaptar melhor à desfolhação, pois aumenta a produção de forragem pela ativação das gemas de crescimento que estavam dormentes na planta, tendo importância no processo de perfilhamento (CAMILHA et al., 2010). Esse padrão de resposta contribui para o fechamento de falhas no dossel (MATTHEW et al., 2000), melhorando a cobertura do solo das pastagens. Ademais, o uso de adubo nitrogenado aumenta a taxa de crescimento da gramínea e, consequentemente, promove maior produção de forragem por unidade de tempo (SANTOS et al., 2009), sendo importante para a recuperação do pasto pós-desfolhação.

Já a adubação fosfatada é responsável pela expansão e desenvolvimento das raízes e desenvolvimento da parte aérea, e também é crucial nos processos metabólicos e vitais, como respiração e fotossíntese por estar ligada à produção de energia na planta. Além disso, assim como o nitrogênio, é importante para o perfilhamento das gramíneas (HOFFMANN et al., 1995). Os solos brasileiros são deficientes no fornecimento de fósforo, elemento que além de escasso no solo, sofre o processo de adsorção e fica indisponível às plantas, o que limita sua capacidade produtiva. Sendo assim, é de extrema importância realizar a reposição deste nutriente via adubação.

Em virtude da importância da desfolhação e da adubação para a recuperação e crescimento da gramínea forrageira, são necessários estudos sobre esses fatores, para servir de base para a idealização de estratégias de manejo corretas, que otimizem a produção de forragem em pastagens, que é o pilar da pecuária no Brasil.

Diante dos fatos acima citados, com este trabalho objetivou-se avaliar as características morfológicas do capim-marandu submetido à adubação e aos intervalos de desfolhação, a fim de caracterizar a plasticidade fenotípica dessa importante planta forrageira.

1.2 - Capim-marandu

O gênero *Brachiaria* é o mais encontrado nas vastas extensões de pastagens pelo país e tem como principal característica a ampla adaptação ao clima e solo, o que torna esse gênero de planta forrageira um dos mais indicados para o Cerrado. As pastagens ocupam cerca de 203 milhões de hectares (BRASIL, 2012) no Brasil, sendo ocupadas, em sua maioria, com o gênero *Brachiaria*. No Brasil Central, a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu syn. *Urochloa brizantha* cv. Marandu foi amplamente disseminada, pois se desenvolve bem em solos com média fertilidade (SOARES FILHO, 1994). Cerca de 50% das pastagens do Centro-Oeste (MACEDO, 2005) e 65% das do Norte são constituídas pela *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (DIAS FILHO; ANDRADE, 2005).

A *Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv. Marandu, popularmente conhecida como capim-brizantão, capim-braquierão ou capim-marandu, teve origem em uma região vulcânica da África, caracterizada por oito meses de seca e precipitação pluviométrica anual de 700 mm, o que confere à gramínea grande amplitude de adaptação climática. No ano de 1984, o capim-marandu foi anunciado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) como uma planta forrageira promissora para o Cerrado (NUNES et al., 1985). É considerada uma planta cespitosa, que produz perfilhos eretos e rizomas curtos e curvos. Sua altura varia de 1,5 a 2,5 m, com colmos prostrados no início do desenvolvimento.

Com relação aos demais ecótipos de *B. brizantha*, a cultivar Marandu diferencia-se por apresentar um conjunto obrigatório de características: perfilhamento acentuado nos nós superiores dos colmos reprodutivos, robustez, pilosidade no ápice dos entrenós, lâminas foliares longas e largas com pêlos somente no inferior da face, margens foliares não cortantes, bainhas com pilosidade, espiguetas com cílios no ápice e raque sem coloração roxa (NUNES, 1984).

O capim-marandu tolera solos ácidos, com alto nível de alumínio tóxico e altos níveis de manganês e, mesmo nessas condições adversas ao crescimento de outras plantas forrageiras, é capaz de apresentar satisfatória produção de forragem, com boa capacidade de rebrotaçāo e persistência. Apresenta resistência à seca e tolerância ao sombreamento, ataque de cigarrinhas e queimadas, mas não se adapta aos solos encharcados (MEIRELLES; MOCHIUTTI, 1999). Além disso, produz sementes viáveis de alto valor forrageiro (SOARES FILHO, 1994).

Quanto às exigências nutricionais do capim-marandu, a calagem é importante para aumentar a saturação de bases e suprir cálcio e magnésio. O manejo inadequado de fertilizantes diminui a produtividade da planta forrageira, sendo necessário realizar a análise de solo para recomendações adequadas das doses de adubos. Em geral, as deficiências que mais afetam a capacidade de produção de forragem nas pastagens brasileiras são as de nitrogênio e de fósforo (CECATO et al., 2004).

1.3 - Adaptação da planta à desfolhação

Para que o manejo das pastagens seja bem sucedido, além da disponibilidade de nutrientes e da escolha da espécie da planta forrageira a ser utilizada, é de suma importância a compreensão dos mecanismos morfofisiológicos e as interações da planta com o meio, que sustentam o crescimento e a manutenção da capacidade de produção de forragem. As informações sobre fluxo de tecidos, por meio de processos morfogênicos e de perfilhamento, tornaram-se importantes ferramentas para avaliar a dinâmica de folhas e dos perfilhos nas comunidades de plantas forrageiras em resposta à desfolhação.

Quando a planta forrageira é desfolhada, seja por pastejo ou corte, sua recuperação pós-desfolhação é influenciada pelas características morfológicas intrínsecas da planta, como a área foliar remanescente e as gemas de crescimento que promovem a rebrotação (JACQUES, 1973). Sendo assim, as técnicas de pastejo devem otimizar a relação entre índice de área foliar (IAF), o acúmulo de compostos de reserva, a interceptação luminosa e crescimento do pasto.

Quando os intervalos de corte são curtos, as plantas com maior proporção do IAF na parte inferior do dossel apresentam maior IAF residual, o que assegura uma rápida rebrotação após desfolhação, através de uma maior interceptação luminosa. Entretanto, se o período de rebrotação é longo, as plantas de crescimento mais alto e ereto, com maiores proporções do IAF nas regiões intermediária e superior do dossel, têm tempo suficiente para acumular um grande IAF e utilizam melhor a radiação incidente, sendo, portanto, mais produtivas (FAGUNDES et al., 1999).

A desfolhação constante proporciona na planta adaptações morfológicas em resposta à perda foliar, evidenciando sua plasticidade fenotípica, que pode ser definida como a adaptação gradual e reversível da planta em resposta a um fator ambiental (no caso, a desfolhação), a fim de manter sua atividade fotossintética. Dentre as mudanças que a

gramínea realiza frente à esta injúria, destacam-se o perfilhamento e mudanças morfológicas que minimizam a desfolhação, uma estratégia denominada de escape ao pastejo (SANTOS et al., 2010; SBRISSIA; SILVA, 2008).

O perfilhamento é a emissão de novos brotos da gramínea, chamados de perfilhos, e a sua população constitui o pasto. Sob intensa desfolhação, a planta emite novos perfilhos com maior rapidez, na tentativa de conseguir se manter e perpetuar. Diversos são os fatores, incluindo o ambiente, a genética, a desfolhação e a adubação, que interagem entre si e são responsáveis pelo perfilhamento, estimulando ou inibindo este processo (CECATO et al., 2004).

Após a desfolhação, os raios solares incidem com mais intensidade na porção inferior do pasto, devido à remoção da parte superior do dossel, que sombreava a base. Desta forma, o perfilhamento é estimulado pela maior luminosidade na base da planta, o que ativa as gemas basais e gera o aparecimento de novos perfilhos. Uma estratégia bastante comum que a planta desenvolve em relação ao perfilhamento está relacionada com a Lei do auto-desbaste, também chamada de mecanismo de compensação entre tamanho e densidade de perfilhos (YODA et al., 1963). Essa lei relata que quanto mais perfilhos a planta produz, mais curtos e leves eles serão e vice-versa, ou seja, há uma compensação de tamanho de perfilhos com o seu número, sendo uma das estratégias que a planta desenvolve para sua adaptação à desfolhação.

A estratégia de escape é outra resposta morfológica e, portanto, expressão da plasticidade fenotípica da planta forrageira, à remoção frequente da gramínea, onde a planta modifica sua morfologia de várias maneiras. Uma dessas modificações morfológicas consiste em crescer de forma mais prostrada, ou seja, mais rente ao solo, no sentido horizontal, a fim de esquivar-se do pastejo animal e, consequentemente, conseguir manter mais lâminas foliares remanescentes, o que contribui para a planta realizar fotossíntese e, com efeito, se recuperar após a desfolhação. Além do crescimento mais prostrado, outras modificações morfológicas ocorrem na planta quando submetida ao pastejo mais severo. Por exemplo, o tamanho do colmo e das lâminas foliares se tornam reduzidos. Ademais, o número de perfilhos vegetativos aumenta, enquanto que o de perfilhos reprodutivos diminui (FORTES et al., 2004).

1.4 - Adubação da planta forrageira: ênfase aos efeitos do nitrogênio e fósforo

A fim de obter alta produtividade no sistema de produção de forragem, a gramínea deve emitir continuamente folhas e perfilhos, para garantir a recuperação da área foliar perdida no corte ou pastejo, o que é indispensável para manter a perenidade da planta. O crescimento foliar é fundamental para que a planta possa interceptar a luz, dando continuidade à fotossíntese, que origina novos tecidos e desenvolvimento vegetal. Para otimizar a produção de forragem, via os processos de crescimento e desenvolvimento, o uso de fertilizantes é substancialmente eficaz, sobretudo o nitrogênio, por promover aumento do fluxo de biomassa (DURU; DUCROCQ, 2000) e o fósforo, por estar envolvido no metabolismo vegetal e produção de energia.

O nitrogênio é o nutriente mais utilizado, mais absorvido e mais exportado pelas gramíneas forrageiras (CARVALHO et al., 2006; PRIMAVESI et al., 2006; COSTA et al., 2008) e, por isso, constitui o elemento mais limitante à produção e, portanto, merecedor de maior atenção. Além de elevar a produção de biomassa, a complementação por meio de adubações nitrogenadas se justifica, pois os solos brasileiros são, em geral, de baixa fertilidade e com baixo teor de matéria orgânica.

O nitrogênio é absorvido pelas plantas preferencialmente como nitrato. Este é reduzido à forma amoniacal e combina-se com cadeias orgânicas, gerando glutamina e, consequentemente, aminoácidos, que formam proteínas, participando do metabolismo das plantas e, dessa forma, exercendo papel funcional e estrutural. Este nutriente encontra-se no interior da planta no protoplasma das células, junto a outros elementos, na forma de substâncias orgânicas nitrogenadas (MARSCHNER, 1997).

O nitrogênio exerce função estrutural nas moléculas de aminoácidos e proteínas, coenzimas, enzimas, pigmentos, e vitaminas, além de participar de processos vitais, como absorção iônica, fotossíntese e respiração. Este nutriente também favorece a expansão das raízes, órgão que nutre a planta e, quanto mais raízes em contato com o solo, mais nutrientes e água a planta conseguirá absorver, maior será seu crescimento e vitalidade, conferindo à planta maior resistência à época da seca, momento em que a pastagem se encontra no período mais desfavorável do seu desenvolvimento (CASTAGNARA et al., 2011; MALAVOLTA et al., 1997; MALAVOLTA, 2008; SILVA; NASCIMENTO JÚNIOR, 2007).

No Brasil, a adubação nitrogenada em pastagens é bastante comum apenas em sistemas de exploração de maior nível tecnológico e que requer mais investimentos financeiros e

técnicos do produtor. Segundo as recomendações de Cantarutti et al. (1999), em pastos manejados com médio nível tecnológico, as doses anuais de N devem ser de 100 a 150 kg ha⁻¹, enquanto que em nível tecnológico alto, as doses aumentam acima de 200 kg ha⁻¹, realizando-se parcelamento durante as chuvas.

Pode-se dizer que a adubação nitrogenada é um dos fatores determinantes das características estruturais do pasto, entretanto, a utilização dessa estratégia de manejo da pastagem é limitada pelo elevado custo do fertilizante (MACHADO, 1999).

O nitrogênio promove o alongamento dos entrenós, favorecendo o crescimento da planta em altura, além de causar o aumento da taxa de aparecimento foliar, pois "empurra" a folha jovem e faz com que ela extrapole a bainha da folha mais velha que a antecede (OLIVEIRA et al., 2007).

Além disso, o nitrogênio promove o perfilhamento, que varia de acordo com a luminosidade que incide no estrato inferior do dossel, da umidade do solo e do estádio de desenvolvimento em que a planta se encontra no momento da adubação. O momento mais importante para que o N esteja presente é quando a gramínea encontra-se em crescimento, recuperando sua parte aérea que foi pastejada ou cortada (CORSI, 1986).

Após a desfolhação, ocorre como resposta de adaptação da planta a fim de recuperar-se, um fluxo significativo de carbono (C) e nitrogênio (N) para os meristemas apicais, que é fortemente influenciado pelos processos de absorção, partição e reciclagem de nitrogênio. A utilização de carbono em atividades meristemáticas, associadas aos processos morfogênicos, tem se mostrado bastante dependente de uma adequada nutrição nitrogenada (GASTAL et al., 1992). Frente à essa associação entre C e N na planta e ao papel do N em várias características morfogênicas envolvendo a dinâmica de geração e crescimento de folhas e perfilhos, fazem-se necessários novos estudos de avaliação em gramíneas forrageiras quanto ao seu potencial de resposta à adubação nitrogenada.

Em um estudo com cinco cultivares de *Brachiaria*, sendo dois acessos de *B. decumbens*, um de *B. brizantha*, *B. ruziziensis* e *B. humidicola*, submetidas às doses de 0, 75 e 150 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, Alvim et al. (1990) compararam a produção de forragem (massa seca) e constataram que, sem a aplicação de nitrogênio, o capim-marandu respondeu com a menor produção anual de forragem, enquanto que a *Brachiaria decumbens* respondeu com a maior produção. Porém, o capim-marandu manifestou melhor resposta à maior dose de N, mostrando maior eficiência na adubação em relação às demais cultivares, sendo, portanto, a cultivar mais produtiva.

Santos (2010) relatou que o controle da remoção da massa de forragem em pastagens adubadas exige modificações no manejo da mesma, quando comparado às pastagens não adubadas, a fim de garantir alimento de qualidade ao animal e também a perenidade do pasto. Quando o adubo é presente em quantidades adequadas, há um aumento no fluxo de tecidos da planta forrageira. Com isso, deve-se aumentar a frequência de corte, sendo que na prática, adota-se maior taxa de lotação, no caso de lotação contínua, ou um menor período de descanso, para a lotação intermitente. Em pastos adubados, a intensidade de remoção de forragem ou pastejo também pode ser aumentada, dentro dos limites tolerados pela planta forrageira, sem que isso comprometa a sua sustentabilidade.

O fósforo (P) é o segundo nutriente essencial que mais limita o desenvolvimento da planta, depois do nitrogênio (HOLFORD, 1997). Esses dois principais nutrientes possuem forte interação nos processos metabólicos, sendo que, quando há deficiência de P, o nitrogênio tem sua absorção, assimilação e translocação limitadas (GNIAZDOWSKA et al., 1999). Os solos tropicais possuem baixo teor de fósforo disponível (LOBATO et al., 1986; BULL et al., 1998) e, ainda, sofrem com o processo de adsorção e fixação, onde suas moléculas se unem rápida e fortemente aos óxidos de Fe e Al, processo que ocorre principalmente na ocasião da adubação, reduzindo sua eficiência.

O fósforo é imprescindível para o desenvolvimento vegetal, pois exerce funções estruturais e metabólicas vitais na planta, participando da expansão de raízes e seu alongamento, absorção ativa de nutrientes, fotossíntese, síntese de carboidratos, proteínas e gorduras. Compõe o ATP, membranas celulares fosfolipídeas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e participa do processo de transferência e armazenamento da energia (MALAVOLTA et al., 1997).

Quando o solo é deficiente em P, as plantas apresentam menor taxa de crescimento, com sintomas visíveis em suas folhas mais velhas, que podem até morrer, como: cor verde azulada, podendo também apresentar amarelecimento e brilho reduzido, ou até mesmo tons roxos (FAQUIN, 1994; MALAVOLTA et al., 1997). Apesar da pouca mobilidade no solo, o fósforo possui grande mobilidade na planta, sendo redistribuído para os tecidos mais novos e, por isso, sua deficiência se revela nas folhas mais velhas (MARSCHNER, 1995; CORSI & SILVA, 1994).

Para as gramíneas, o fósforo é o nutriente mais limitante no estabelecimento da pastagem, pois atua no perfilhamento e no crescimento radicular. Quando em concentrações não ideais no solo, a produção de forragem é reduzida, devido ao baixo perfilhamento e à

reduzida emissão de novas folhas, podendo ocasionar falhas de cobertura de solo, abrindo espaço para plantas invasoras. Haag & Dechen (1985) relataram, em um estudo com *Panicum maximum*, que a deficiência de P proporcionou drástica redução do perfilhamento. Neste estudo, as folhas mais velhas apresentaram coloração amarelada, secaram na direção do ápice para a base, no decorrer das margens, e, em geral, de forma mais acentuada de um lado da lâmina foliar, resultando em um aspecto curvo, e por fim, morte da planta.

A área foliar também é reduzida quando o fósforo é deficiente, pois a escassez deste nutriente limita a expansão foliar e sua duração de vida (RADIN & EIDENBOCK, 1984; CROMER et al., 1993), o que diminui a interceptação luminosa, reduzindo a capacidade fotossintética foliar.

Em um estudo feito com trigo (*Triticum aestivum*), concluiu-se que, quando o fósforo é deficiente, a área foliar da planta é reduzida, em consequência da menor produção de folhas, ocasionada por um menor surgimento de perfilhos (RODRIGUÉZ et al., 1998) e menor taxa de aparecimento de folhas por perfilho (RODRIGUÉZ & GOUDRIAAN, 1995).

Dessa maneira, os baixos teores de P no solo resultam em dificuldades no estabelecimento dos pastos, dificultando sua perenidade e reduzindo sua produtividade, o que justifica a importância da sua reposição via fertilização no sistema de produção com uso de pastagens.

1.5 - Modelo conceitual e hipóteses

O modelo conceitual apresentado na Figura 1 representa os fatores que interferem na produção de forragem da planta forrageira. Conforme as variações do ambiente, a planta responde com modificações no seu desenvolvimento, o que gera mudanças morfológicas, a fim de manter-se viva. Um dos fatores ambientais que atua na pastagem é a severidade com que a planta é desfolhada pelos animais em pastejo. Quanto maior a desfolhação, mais perfilhos a planta irá emitir, sendo eles mais prostrados, com crescimento horizontal, paralelo ao nível do solo, o que corresponde a uma tentativa da planta de escapar do bocado dos animais. Ainda neste cenário, os perfilhos emitidos, em decorrência das desfolhações frequentes, tendem a ser mais curtos e leves, com lâminas foliares e colmos de menor tamanho.

Essas modificações morfológicas da planta forrageira influenciam o nível de remoção dos tecidos foliares e, com efeito, o índice de área foliar remanescente, a interceptação de luz pós-desfolhação e a produção de forragem do pasto durante a rebrotação.

Esses processos, que caracterizam a plasticidade fenotípica da planta em resposta à desfolhação, podem ocorrer de forma mais lenta ou mais rápida, conforme a disponibilidade de nutrientes no solo. Quanto maior a concentração de nutrientes no solo, mais rápida e efetiva será a plasticidade fenotípica, com efeitos positivos sobre a perenidade e a produção de forragem do pasto, pois os nutrientes, como o nitrogênio, atuam nos processos de divisão celular, promovendo um acelerado desenvolvimento da planta.

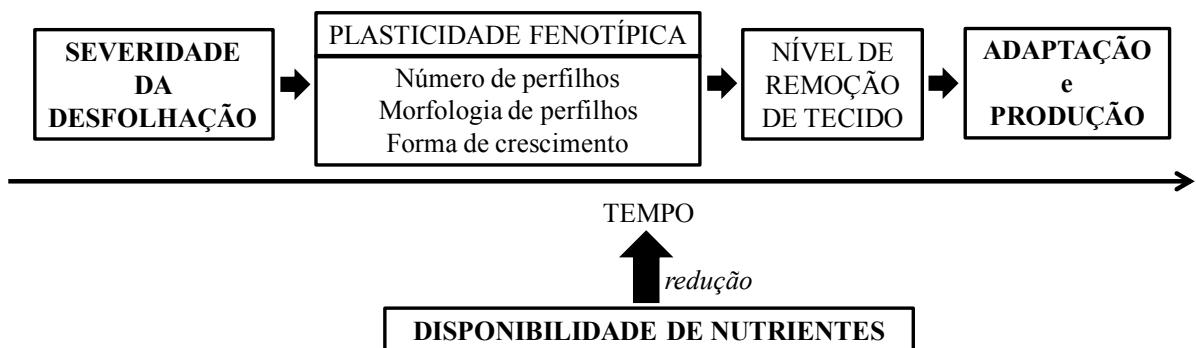


Figura 1 - Modelo conceitual: a plasticidade fenotípica em resposta à severidade de desfolhação modifica o nível de remoção de tecido vegetal e a produção de forragem; o tempo para ocorrência desses processos é determinado pela disponibilidade de nutrientes no solo.

REFERÊNCIAS

- ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A.; VERNEQUE, R.S.; SALVATI, J.A. Aplicação de nitrogênio em acessos de *Brachiaria*. Efeito sobre a produção de matéria seca. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.12, n.2, p.2-6, 1990. Disponível em:
http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/1990-vol12-rev1-2-3/Vol12_rev2_90_art2.pdf. Acesso em: 20 nov. 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2012. MMA. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 30 nov. 2015.
- BÜLL, L.T.; FORLI, F.; TECCHIO, M.A.; CORRÊA, J.C. Relações entre fósforo extraído por resina e respostas da cultura do alho vernalizado a adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.459-470, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n3/12.pdf>. Acesso em 22 nov. 2015.
- CAMINHA, F.O.; SILVA, S.C.; PAIVA, A.J.; PEREIRA, L.E.T.; MESQUITA, P.; GUARDA, V.D. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandu sob lotação contínua e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.2, p.213-220, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n2/v45n2a13.pdf>. Acesso em: 30 out. 2015.
- CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARE, V.H. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV; 1999. P.332-341.
- CARVALHO, F.G.; BURITY, H.A.; SILVA, V.N.; SILVA, L.E.S.F.; SILVA, J.N. Produção de matéria seca e concentração de macronutrientes em *Brachiaria decumbens* sob diferentes sistemas de manejo na zona da mata de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, p.101-106, 2006. Disponível em:
<http://revistas.ufg.emnuvens.com.br/pat/article/viewFile/2145/2102>. Acesso em 05 fev. 2016.
- CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, P.S.R.; DEMINICIS, B.B.; BAMBERG, R. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de zootecnia**, Córdoba, v.60, n.232, p.931-942, 2011. Disponível em: <http://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v60n232/art10.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2015.
- CECATO, U.; PEREIRA, L.A.F.; GALBEIRO, S.; SANTOS, G.T.; DAMASCENO, J.C.; MACHADO, A.O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a produção e características da rebrota do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.26, n.3, p.399-407, 2004. Disponível em:
<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/viewFile/1836/1188>. Acesso em: 25 nov. 2015.

CORSI, M. Pastagem de alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1986. p.499-512.

CORSI, M.; SILVA, R. T. L. Fatores que afetam a composição mineral de plantas forrageiras. In: **Pastagens:** fundamentos da exploração racional. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 65-83.

COSTA, K.A.P.; ARAUJO, J.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; FIGUEIREDO, F.C.; GOMES, K.W. Extração de macronutrientes pela fitomassa do capim xaraés “xaraés” em função de doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1162-1166, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782008000400043&script=sci_arttext. Acesso em: 02 out. 2015.

CROMER, J.; KREDEMANN, P. E.; SANDS, P. J.; STEWART, L. G. Leaf growth and photosynthetic response to nitrogen and phosphorus in seedling trees of *Gmelina arborea*. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v. 20, n. 1, p. 83-98, 1993.

DIAS-FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. Pastagens no ecossistema do trópico úmido. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, 2., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, p.95-104, 2005.

DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Ontogenetic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, Exeter, v.85, p.635-643, 2000.

FAGUNDES, J.L.; SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. et al. Intensidades de pastejo e a composição morfológica de pastos de *Cynodon* spp. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.897-908, 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161999000400017&script=sci_arttext. Acesso em 17 nov. 2015.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, M.E.R.; LAMBERTUCCI, D.M. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.1, p.30-37, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n1/28339.pdf>. Acesso em 23 fev. 2016.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: FAEPE/ESAL, 1994. 227 p.

FORTES D.; HERRERA, R.S.; GONZÁLEZ, S. Estrategias para la resistencia de las plantas a la defoliación. **Revista Cubana de Ciencia Agricola**, Mayabeque, v.38, n.2, p.111-119, 2004. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193017901001.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2015.

GASTAL, F.; BELANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, Exeter, v.70, p.437-442, 1992.

GNIAZDOWSKA, A.; KRAWCZAK, A.; MIKULSKA, M. & RYCHTER, A.M. Low phosphorus nutrition alters beans plants' ability to assimilate and translocate nitrate. **Journal of Plant Nutrition**, n. 22, p.551-563, 1999.

HAAG, H. P.; DECHEN, A. R. Deficiências minerais em plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 7., 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1985. p. 139-168.

HOFFMANN, C. R.; FAQUIN, V.; GUEDES, G. A. A.; EVANGELISTA, A. R. O nitrogênio e o fósforo no crescimento da braquiária e do colonião em amostras de um solo na região Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo.**, n.19, p.79-86, 1995.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal in Soil Research**, Collingwood, v35, p.227-239, 1997.

JACQUES, A.V.A. Fisiologia do crescimento de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 1. **Anais...** Piracicaba, 1973. Piracicaba: FEALQ, 1973. p. 95-101.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996, p.3-36.

LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Eds.). **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato, 1986, p.145-174.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrado: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. A produção animal e o foco no agronegócio: **Anais...** Goiânia: SBZ, p. 56-84, 2005.

MACHADO, I.F. **Transformações de fase no estado sólido em alguns aços inoxidáveis austeníticos e ferríticos-austeníticos (duplex) contend altos teores de nitrogênio**. 1999. Tese (doutorado), EP-USP, São Paulo.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba, Potafós, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E. O futuro da nutrição de plantas, tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.121, p.1-10, 2008. Disponível em:
[https://www.ipni.net/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d20fb44d85259bf7032572530062870e/\\$file/page1-10-121.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d20fb44d85259bf7032572530062870e/$file/page1-10-121.pdf). Acesso em: 25 nov. 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 672 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2.ed. Londres, Academic Press, 1997. 889p.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; HAMILTON, N.R.S. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER,C. (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology.** Wallingford: CABI, p.127-150, 2000.

MEIRELLES, P.R.L.; MOCHIUTTI, S. Formação de pastagens com capim marandú (*Brachiaria brizantha* cv Marandú) nos cerrados do Amapá. **Recomendações técnicas**, n.7, p.1-3, 1999. Macapá: Embrapa Amapá, 1999.

NUNES, S.G. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, Campo Grande, MS. **Brachiaria brizantha cv. Marandu.** Campo Grande, EMBRAPA, 1984, 31p.

NUNES S.G.; BOCK, A.; PENTEADO, M.I.O.; GOMES, D.T. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**, 2 ed. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1985. 31p.

OLIVEIRA, A.B.; PIRES, A.J.V.; MATOS NETO, U.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.4, suplemento, p.1006-1013, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007000500004. Acesso em: 01 nov. 2015.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.562-568, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542006000300024&script=sci_arttext. Acesso em: 22 nov. 2015.

RADIN, J. W.; EIDENBOCK, M. P. Hydraulic conductance as a factor limiting leaf expansion of phosphorus deficient cotton plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 75, n. 2, p. 372-377, 1984.

RODRIGUÉZ, D.; GOUDRIAAN, J. Effects of phosphorus and drought stresses on dry matter and phosphorus allocation in wheat. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 18, n. 12, p. 2501-2517, 1995.

RODRIGUÉZ, D.; KELTJENS, W. G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 200, n. 2, p. 227-240, 1998.

SANTOS, M.E.R. Ajustes no manejo do pastejo em pastagens adubadas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.6, n.11, p.1-17, 2010. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/ajustes%20no%20manejo.pdf>. Acesso em: 29 out. 2015.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; GOMES V.M.; PIMENTEL, R.M.; SILVA, G.P.; SILVA, S.P. Caracterização de perfilhos de capim-braquiária em locais com três intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal [periódico na Internet]**, Salvador, v.11, n.4, p.961-975, 2010. Disponível em: <http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1761/1023>. Acesso em: 01 nov. 2015.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIRÓZ, A.C.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I. Características estruturais e índice de tombamento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em pastagens diferidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.4, p.626-634, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38n4/06.pdf>. Acesso em: 28 out. 2015.

SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11., **Anais...** Piracicaba, 1994 P. 25-48.

SBRİSSIA A.F., SILVA S.C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.1, p.35-47, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982008000100005>. Acesso em: 08 out. 2015.

SILVA, S.C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de zootecnia**, Viçosa, v.36, suplemento, p.121-138, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v36s0/14.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2015.

YODA, K.; KIRA, T.; OGAWA, H.; HOZUMI, K. Intraespecific competition among higher plants. XI Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivate and natural conditions. **Journal of Institute of Polytechnics**, Osaka, v.14, p.107-129, 1963.

CAPÍTULO 2

MODIFICAÇÕES MORFOLÓGICAS EM PERFILHOS DE CAPIM-MARANDU EM RESPOSTA À DESFOLHAÇÃO E À ADUBAÇÃO – Ciência Animal Brasileira

Resumo: Os perfilhos são as unidades básicas de crescimento das gramíneas forrageiras e o perfilhamento é responsável pela adaptação e reestabelecimento da gramínea após a desfolhação. Portanto, é importante conhecer as modificações morfológicas dos perfilhos em função do ambiente de desfolhação e da adubação, duas importantes estratégias de manejo das pastagens. Nesse sentido, objetivou-se neste trabalho caracterizar as respostas morfológicas dos perfilhos do capim-marandu, em resposta à adubação e à frequência de desfolhação, para melhor compreensão da plasticidade fenotípica dessa planta. O trabalho foi realizado em dois anos experimentais, nos quais foram avaliados distintos intervalos de corte (sete, 14, 28, 56 e 112 dias), utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. No segundo ano, além dos mesmos intervalos de corte avaliados no primeiro ano, também foram estudadas duas condições de adubação, sendo uma baixa (50 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 75 kg ha^{-1} de N) e outra alta (100 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 300 kg ha^{-1} de N). No segundo ano, utilizou-se o esquema fatorial. Em ambos os anos, as respostas para comprimento de colmo, comprimento da lâmina foliar, espaço entre as lâminas foliares e área foliar e peso do perfilho foram crescentes com o intervalo de corte. No segundo ano, a alta dose de adubos proporcionou maior número de perfilhos vegetativos, espaço entre lâminas foliares, área foliar, peso de perfilhos, folhas e colmos mais compridos, em comparação à baixa dose de adubos. No segundo ano, houve maior densidades populacionais de perfilho reprodutivo com o maior intervalo de corte. A desfolhação e a adubação nitrogenada e fosfatada causam modificações morfológicas nos perfilhos do capim-marandu, indicando a ampla plasticidade fenotípica desta gramínea.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, desfolhação, fósforo, nitrogênio, *Urochloa brizantha*.

MORFOLOGIC MODIFICATION IN TILLERS OF MARANDU GRASS IN RESPONSE TO DEFOLIATION AND TO NITROGEN

Abstract: Tillers are the basic units of growth in forage grasses and tillering is responsible for the adaptation and reestablishment of grass after defoliation. Therefore, it is important to know the morphological changes of tillers due to defoliation environment and fertilization, two important pasture management strategies. Aimed in this work to characterize morfologic response of the tillers of marandu grass, before nitrogen fertilization and frequency of defoliation, for better understanding of the phenotypic plasticity of this plant. The work was realized in two experimental years. The treatments in the first consisted of different cutting intervals (seven, 14, 28, 56 and 112 days), while the second, the same cutting intervals and phosphorus and nitrogen fertilization conditions: low (50 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 75 kg ha^{-1} de N) and high (100 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 300 kg ha^{-1} de N). Were adopted the randomized block design and in experiment two, was used the factorial scheme with four repetitions. In both experiments the responses to stem length, leaf blade length, space between leaf blade and leaf area and weight of tiller increased with cutting intervals. In experiment two, high doses of fertilization provided larger number of vegetative tillers, space between leaf blades, weight of tiller, longer leaves and stems, and higher population densities of reproductive tillers with greater cutting intervals. Was concluded that the defoliation and the nitrogen and phosphor fertilization induce to morphologic modifications in the tillers of marandu grass suggesting the phenotypic plasticity of this grass.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, defoliation, phosphor, nitrogen, *Urochloa brizantha*.

Introdução

O capim-marandu é uma das principais gramíneas forrageiras do gênero de *Brachiaria* cultivadas no Brasil sendo, portanto, de grande importância econômica para a pecuária. Nesse sentido, o conhecimento das respostas morfológicas do capim-marandu à desfolhação é importante para embasar a condução correta do manejo da pastagem.

O pasto é formado por uma população de perfilho, os quais são considerados unidades básicas de crescimento das gramíneas e são constituídos de uma série de fitômeros (lâmina foliar, bainha, lígula, nó, entrenó e gema axilar), que se diferenciam a partir de um único meristema⁽¹⁾. O desenvolvimento do perfilho se dá a partir do desenvolvimento da gema axilar de cada fitômero.

O perfilhamento é essencial para compreender os fatores que interferem na produção de forragem. À medida que a planta emite novos perfilhos, maior será a área foliar e a interceptação da luz pelo dossel, o que promove a fotossíntese e o aumento da produção de fotoassimilados, assegurando o estabelecimento e a perenidade das gramíneas forrageiras e, consequentemente, a maior produção de forragem.

Conforme ocorre o pastejo ou o corte do capim, a gramínea forrageira se modifica morfológicamente, desenvolvendo mecanismos de sobrevivência, dentre eles o escape à desfolhação. Para isso, quando em desfolhação mais severa, os perfilhos passam a ser menores, mais leves e com órgãos (folhas e colmo) mais curtos⁽²⁾. Com essas modificações morfológicas, as lâminas foliares podem continuar se desenvolvendo e realizar fotossíntese, sem que sejam acentuadamente removidas pelo animal em pastejo.

A adubação, como a nitrogenada e a fosfatada, influencia as respostas da planta à desfolhação, porque aumenta o crescimento dos perfilhos, bem como o seu número, quando o pasto é mantido baixo⁽²⁾. Na presença do nitrogênio, as gemas axilares são ativadas, originando novos perfilhos, o que faz com que o desenvolvimento aéreo da planta seja acelerado, permitindo que o pasto alcance mais rapidamente a condição adequada de desfolhação, além de aumentar a produtividade do capim. Devido ao rápido crescimento da gramínea adubada, é preciso atentar-se para a altura do pasto não ultrapassar a ideal, pois o nitrogênio aumenta a senescência⁽³⁾, o que pode ocasionar, por descuido, maior porcentagem de material morto no pasto, que é rejeitado pelo animal. Aliado ao N, o fósforo também contribui para a expansão foliar e radicular, a fotossíntese, a produção e o armazenamento de

energia e a síntese de carboidratos, proteínas e gorduras, mostrando-se indispensável ao crescimento vegetal.

Objetivou-se neste trabalho caracterizar as respostas morfológicas dos perfilhos do capim-marandu, diante da adubação e da frequência de desfolhação, para melhor compreensão da plasticidade fenotípica dessa planta.

Material e Métodos

Este trabalho foi conduzido em dois períodos, de outubro de 2013 até fevereiro de 2014, e de novembro de 2014 até março de 2015. Em cada período, experimentos independentes, porém com natureza semelhante, foram realizados. Os dois experimentos, denominados de Experimento 1 e Experimento 2, ocorreram em áreas experimentais distintas de 100m² cada, porém na mesma pastagem, que foi estabelecida no ano de 2000 com *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu (capim-marandu), localizada na Fazenda Experimental Capim-branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia, Minas Gerais. As coordenadas geográficas aproximadas do local do experimento são 18°30' de latitude sul e 47°50' de longitude oeste de Greenwich com altitude de 863 m. O clima da região é tropical de altitude, com inverno ameno e seco e estação seca e chuvosa bem definida. A temperatura e precipitação média anual são de 22,3°C e 1584 mm, respectivamente.

As informações referentes às condições climáticas durante o período experimental foram monitoradas na estação meteorológica localizada aproximadamente a 200 m da área experimental (Tabela 1).

Tabela 1- Médias mensais de temperaturas diárias, radiação solar média, precipitação e evapotranspiração durante o período de outubro de 2013 a fevereiro de 2014 e de novembro de 2014 a março de 2015.

Mês	Temperatura média do ar (°C)			Radiação solar (MJ/mês)	Precipitação pluvial (mm/mês)	Evapotranspiração (mm/mês)
	Média	Mínima	Máxima			
Experimento 1 (2013-2014)						
Outubro	23,5	18,4	29,8	608,9	81,6	104,1
Novembro	23,5	19,1	29,0	576,3	91,0	95,1
Dezembro	23,1	19,5	28,8	566,9	229,4	90,7
Janeiro	23,9	18,4	30,5	696,3	58,4	115,0
Fevereiro	23,8	18,5	30,2	550,9	75,2	92,6
Experimento 2 (2014-2015)						
Novembro	23,6	17,1	32,6	548,8	347,2	89,2
Dezembro	22,7	17,0	32,1	545,8	210,8	87,1
Janeiro	25,4	18,3	33,3	591,6	121,0	101,0
Fevereiro	23,0	17,2	32,8	549,6	166,6	88,5
Março	21,8	18,3	27,9	522,0	78,4	81,4

Antes da implantação dos experimentos foram retiradas amostras de solo na camada 0-10 cm para análise do nível de fertilidade. No Experimento 1, os resultados foram: pH em H₂O: 5,5; P: 1,3 (Mehlich-1); K: 75 mg dm⁻³; Ca²⁺: 1,7; Mg²⁺: 1,1 e Al³⁺: 0,0 cmol_c/dm³ (KCl 1 mol L⁻¹). No Experimento 2, os resultados foram: pH em H₂O: 6,0; P: 5,2 (Mehlich-1) e K: 156 mg dm⁻³; Ca²⁺: 5,4; Mg²⁺: 2,0 e Al³⁺: 0,0 cmol_c dm⁻³ (KCl 1 mol L⁻¹). Com base nesses resultados, não foi necessário efetuar a calagem e nem a adubação potássica.

No Experimento 1, as adubações fosfatada e nitrogenada foram realizadas após corte de uniformização das plantas a 5 cm de altura, em 15 de novembro de 2013, com a aplicação de 70 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando como fontes a ureia e o superfosfato simples. As adubações foram realizadas com única aplicação ao fim da tarde e em cobertura.

No primeiro período experimental (Experimento 1), foram avaliados cinco intervalos de cortes (7, 14, 28, 56 e 112 dias), que caracterizaram distintas frequências de desfolhação a que o capim-marandu foi submetido. Como o período de avaliação foi de 112 dias, o número de eventos de desfolhação foi variável durante o período experimental, de modo que ocorreram 16, oito, quatro, duas e uma desfolhações para os intervalos de cortes de 7, 14, 28, 56 e 112 dias, respectivamente. Cada intervalo de corte foi implementado em quatro unidades experimentais.

No segundo período experimental (Experimento 2), também foram avaliados os mesmos cinco intervalos de cortes (7, 14, 28, 56 e 112 dias) e mais duas condições de

adubação (baixa e alta). A condição de baixa adubação correspondeu à aplicação de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de 75 kg ha⁻¹ de N após o corte de uniformização das plantas em 10 cm no dia 10/11/2014. A condição de alta adubação correspondeu à aplicação de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 300 kg ha⁻¹ de N, onde o adubo fosfatado foi aplicado após o corte de uniformização, enquanto que o adubo nitrogenado foi aplicado em quatro parcelas de 75 kg ha⁻¹ de N nos dias 10/11/2014, 08/12/2014, 05/01/2015 e 02/02/2015. Como fontes de adubos, foram usados o superfosfato simples e a ureia.

Em ambos os experimentos, devido ao relevo levemente inclinado da área experimental, foi adotado o delineamento em blocos casualizados. A unidade experimental correspondeu à uma área demarcada ao nível da superfície do solo com uma moldura de formato quadrado, com lado de 50 cm e, portanto, com área de 0,25 m². No Experimento 2, adotou-se o esquema fatorial, com quatro repetições.

Nas datas dos cortes, removeu-se com tesoura de poda todos os componentes da parte aérea da planta que estivessem acima de 5 cm ou de 10 cm da superfície do solo nos Experimentos 1 e 2, respectivamente. Após a constatação no Ano 1 de que a altura pós-corte de 5 cm foi muito drástica, trabalhou-se com 10 cm no Ano 2.

Todas as avaliações ocorreram antes do último corte de cada intervalo avaliado, isto é, em 28/02/2014 para o Experimento 1 e em 02/03/2015 para o Experimento 2.

Os números de perfilhos vegetativos e reprodutivos existentes em cada unidade experimental foram quantificados. Os perfilhos vivos que tinham a inflorescência visível foram classificados como reprodutivos e os vivos que não tinham a inflorescência foram denominados de vegetativos.

As características estruturais também foram avaliadas em dez perfilhos vegetativos no Experimento 1 e em cinco perfilhos vegetativos no Experimento 2 por unidade experimental. Nestes, foram quantificados os comprimentos do colmo e da lâmina foliar, bem como a largura da lâmina foliar e os números de folhas vivas, cortadas e mortas. O comprimento do colmo foi mensurado desde o nível do solo até a lígula da folha mais velha completamente expandida no último dia do experimento. As dimensões da lâmina foliar foram medidas na folha viva localizada no nível de inserção intermediário no perfilho. O comprimento da lâmina foliar foi medido desde o ápice até a lígula da folha. A largura da lâmina foliar foi mensurada no meio deste órgão. As folhas vivas consistiram de folhas em expansão e expandidas. As folhas vivas com remoção parcial de sua lâmina foliar foram consideradas como cortadas. Apenas as folhas que possuíam mais de 50 % da lâmina foliar senescente

foram classificadas como mortas. Pela divisão entre o comprimento do colmo e o número de folhas vivas expandidas mais mortas, estimou-se a distância entre folhas no perfilho.

O peso do perfilho foi estimado pela divisão da massa de forragem pelo número de perfilhos vivos. A massa de forragem foi obtida pelo corte, rente ao solo, de todos os perfilhos contidos na unidade experimental. Essa amostra foi pesada e dividida em duas subamostras. Uma das subamostras também foi pesada, colocada para secar por 72 horas em estufa de ventilação forçada a 65°C. Ao término desse período, a subamostra foi novamente pesada.

A outra subamostra teve suas lâminas foliares separadas, pesadas, secas em estufa e pesadas novamente. Com esses dados, calculou-se a massa de lâmina foliar do capim-marandu. Pela multiplicação da massa de lâmina foliar pela área foliar específica (AFE), obteve-se o índice de área foliar (IAF) do dossel. Por sua vez, com a divisão do IAF pelo número de perfilhos vivos, estimou-se a área foliar média do perfilho.

Para a determinação da AFE, fez-se a colheita 40 lâminas foliares em cada parcela. Estas foram colocadas em sacos plásticos identificados e levados para o laboratório, onde foi feito o corte das extremidades de cada lâmina foliar, de forma que elas ficassem em formato retangular. Posteriormente, mediu-se o comprimento e a largura de cada uma delas, a fim de se estimar a área de cada segmento de lâmina foliar. Com isso, foi possível obter a área total dos 40 segmentos de lâmina foliar. As lâminas foliares foram, então, acondicionadas em sacos de papel identificados e levadas à estufa de ventilação forçada a 65° C por 72 horas, sendo pesadas após esse período. Através desses resultados de área e peso dos segmentos foliares, foi calculada a AFE, em $\text{cm}^2 \text{ mg}^{-1}$.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, admitindo-se uma probabilidade de ocorrência do erro tipo I de 5%.

Resultados

No Experimento 1 não houve ocorrência de perfilhos reprodutivos e o número de perfilhos vegetativos não foi influenciado pelo intervalo de corte, apresentando valor médio de 895 perfilhos m^{-2} . Já no Experimento 2, os números de perfilhos vegetativos e reprodutivos foram influenciados pela adubação, e o número de perfilhos reprodutivos também foi modificado pelo intervalo de corte. O capim-marandu submetido a mais alta dose de adubo apresentou maior número de perfilhos vegetativos e reprodutivos, em comparação àquele sob baixa dose de adubos (Figura 1).

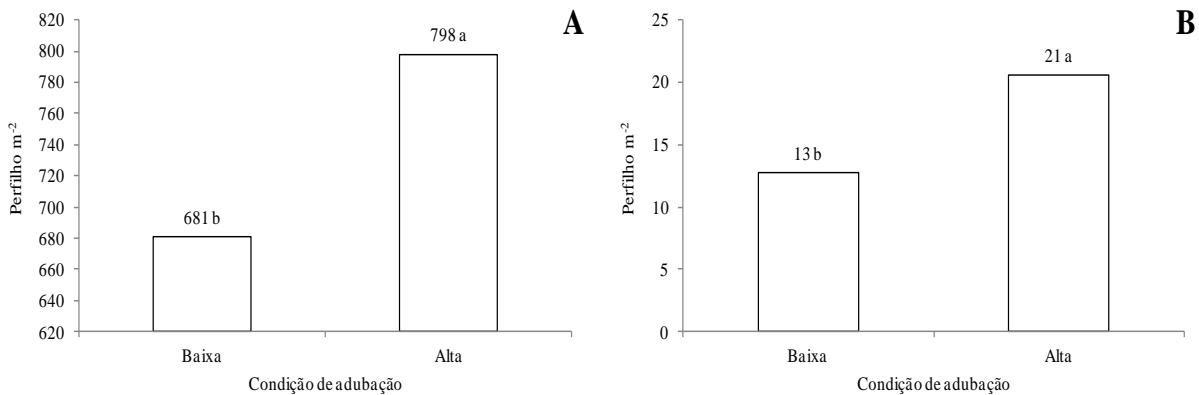


Figura 1 - Densidade populacional de perfilhos vegetativos (A) e reprodutivos (B) em dosséis de capim-marandu sob condições de adubação no segundo ano experimental. Para cada característica, médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$). Baixa: 75 kg ha^{-1} de N; Alta: 300 kg ha^{-1} de N.

No segundo ano experimental, as maiores densidades populacionais de perfilhos reprodutivos foram encontradas quando o intervalo de corte foi maior, sendo nula nos dois menores intervalos (Figura 2).

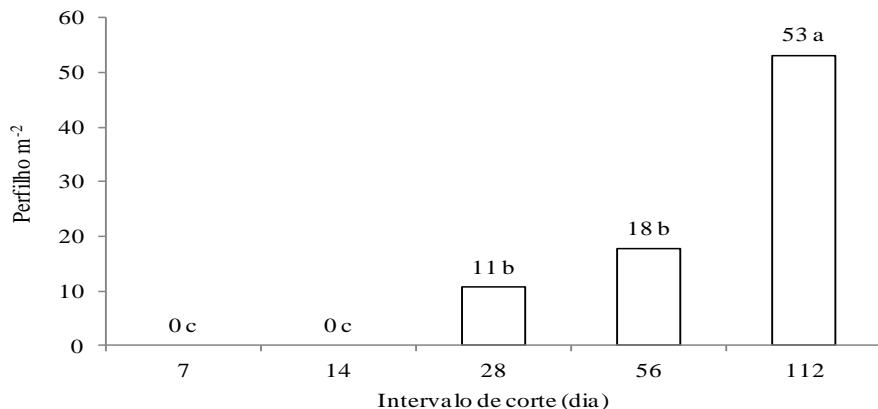


Figura 2 - Densidade populacional de perfilho reprodutivo em dosséis de capim-marandu manejado com intervalos de corte no segundo ano experimental. Médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

O número de folhas vivas por perfilho não variou entre os intervalos de corte e as condições de adubação e apresentou valores de 4,8 e 3,6 no Experimento 1 e 2, respectivamente.

Em ambos os anos experimentais, a redução do intervalo de corte ocasionou diminuição do comprimento do colmo (Figura 3A). Quanto à condição de adubação, no Experimento 2,

observou-se que o capim-marandu sob alta dose de adubo possui maior comprimento de colmo do que quando adubado com menor dose (Figura 3B).

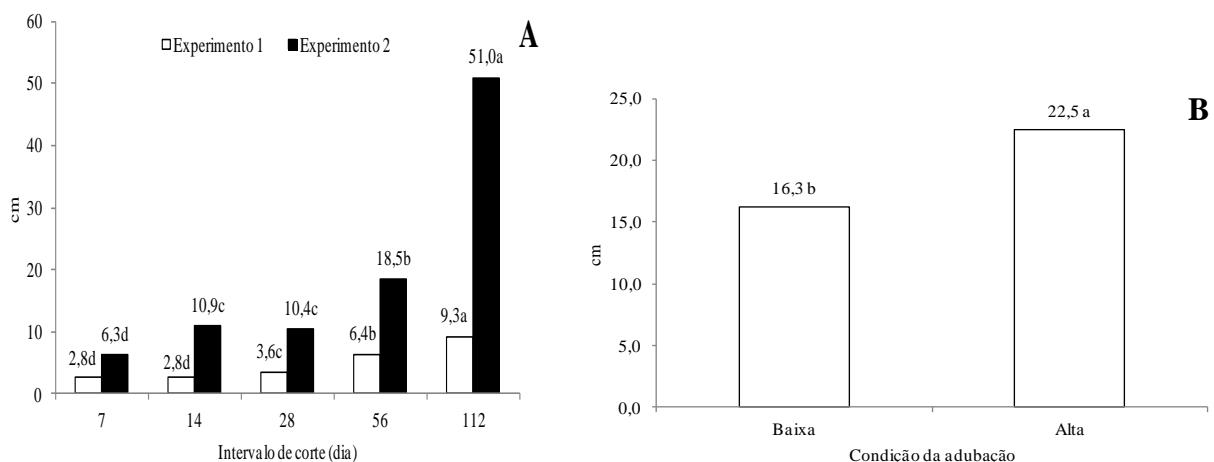


Figura 3 - Comprimento do colmo em perfilho de capim-marandu submetido à intervalos de corte (A) e condições de adubação (B). No gráfico A, em cada experimento, e no gráfico B, as médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$). Baixa: 75 kg ha^{-1} de N; Alta: 300 kg ha^{-1} de N.

No primeiro experimento, o comprimento da lâmina foliar foi maior que os demais quando a planta foi submetida ao maior intervalo de corte. De modo semelhante, no Experimento 2, em geral, a redução do intervalo de corte resultou em menores tamanhos de folha (Figura 4A).

Em relação à condição de adubação, no Experimento 2, foi constatado que o capim-marandu sob alta dose de adubo apresentou folhas mais compridas, comparado às menores doses (Figura 4B).

A largura da lâmina foliar não variou entre os intervalos de corte e as condições de adubação, e apresentou valores de 1,3 e 1,5cm no Experimento 1 e 2, respectivamente.

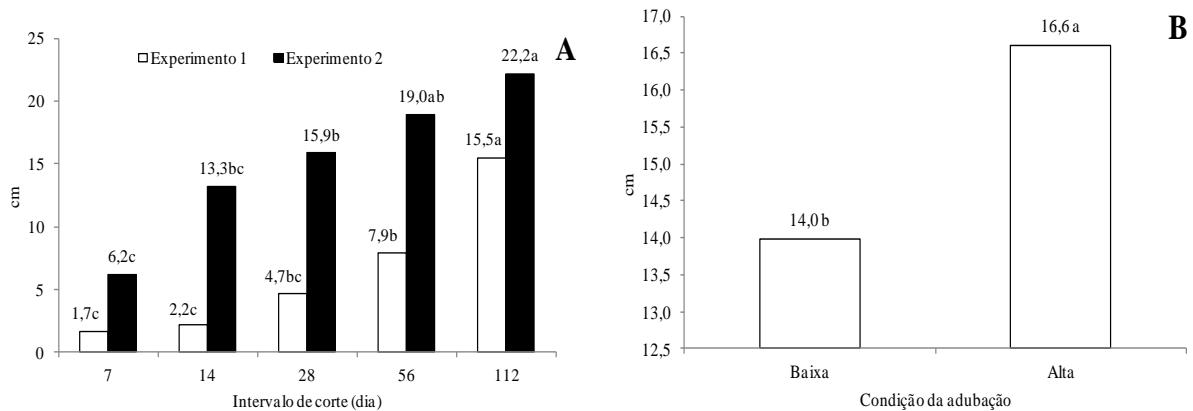


Figura 4 - Comprimento da lâmina foliar em perfilho de capim-marandu submetido à intervalos de corte (A) e condições de adubação (B). No gráfico A, em cada experimento, e no gráfico B, as médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$). Baixa: 75 kg ha⁻¹ de N; Alta: 300 kg ha⁻¹ de N.

Quanto ao espaço entre as lâminas foliares no perfilho, o mesmo padrão de resposta foi obtido, para os dois experimentos, isto é, o dossel cortado com 112 dias de rebrotação apresentou maior espaço entre as lâminas foliares do que os demais (Figura 5A). Quando a maior dose de adubos foi utilizada, no Experimento 2, o espaço entre as lâminas foliares também aumentou, em comparação ao uso de menor dose de adubos (Figura 5B).

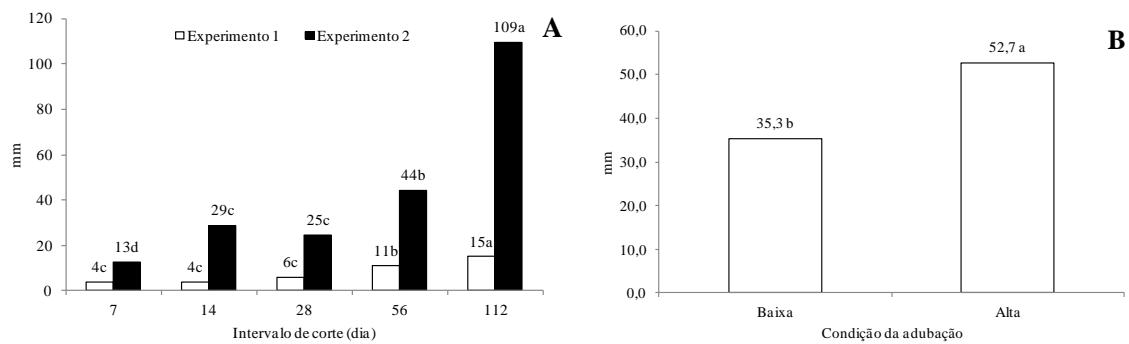


Figura 5 - Espaço entre lâminas foliares em perfilho de capim-marandu submetido à intervalos de corte (A) e condições de adubação (B). No gráfico A, em cada experimento, e no gráfico B, as médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$). Baixa: 75 kg ha⁻¹ de N; Alta: 300 kg ha⁻¹ de N.

Referente ao Experimento 1, a área foliar do perfilho foi maior com o intervalo de corte de 112 dias, em relação aos demais avaliados. O mesmo ocorreu no Experimento 2, porém com o menor intervalo de corte (7 dias), a área foliar do perfilho foi menor, em comparação àqueles submetidos ao corte a cada 28 e 56 dias (Figura 6A).

A maior condição de adubação realizada no Experimento 2 proporcionou maior área foliar do perfilho do capim-marandu, quando comparada ao uso de baixa quantia de adubos (Figura 6B).

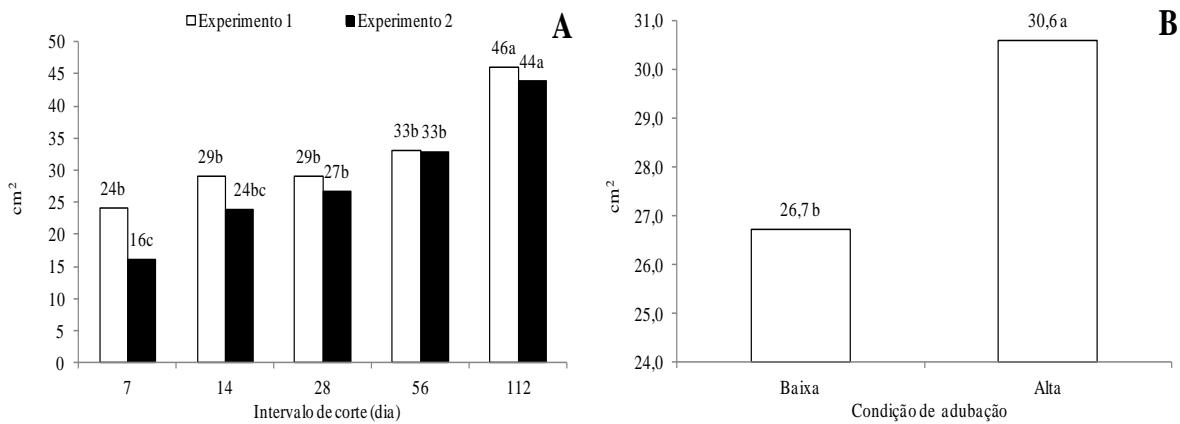


Figura 6 - Área foliar do perfilho de capim-marandu submetido à intervalos de corte (A) e condições de adubação (B). No gráfico A, em cada experimento, e no gráfico B, as médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$). Baixa: 75 kg ha^{-1} de N; Alta: 300 kg ha^{-1} de N.

As respostas do peso do perfilho do capim-marandu foram crescentes com o intervalo de corte, em ambos os experimentos (Figura 7A). No Experimento 2, a maior dose de adubos foi responsável pelo maior peso do perfilho do capim-marandu, em comparação à dose baixa (Figura 7B).

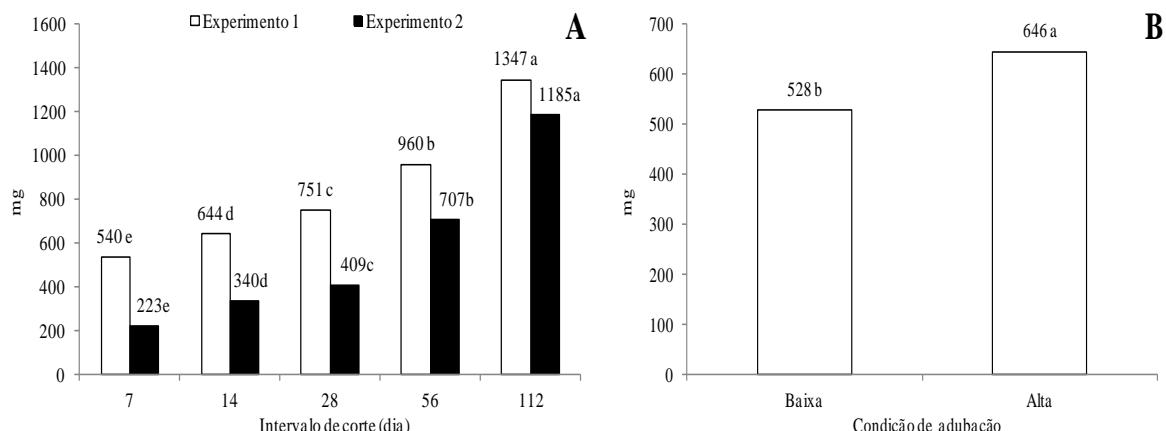


Figura 7 - Peso do perfilho de capim-marandu submetido à intervalos de corte (A) e condições de adubação (B). No gráfico A, em cada experimento, e no gráfico B, as médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$). Baixa: 75 kg ha^{-1} de N; Alta: 300 kg ha^{-1} de N.

Discussão

Os perfilhos reprodutivos não foram encontrados no Experimento 1 devido, provavelmente, à época do florescimento do capim-marandu, que é concentrada a partir de março, no outono⁽⁴⁾, mês em que o fotoperíodo se encurta, promovendo o florescimento do capim. Por ter sido este experimento em fevereiro, a planta não emitiu as inflorescências a tempo, o que não ocorreu no Experimento 2, onde ocorreram tais perfilhos e o trabalho em campo terminou no mês de março.

A adubação nitrogenada interfere na morfogênese da planta forrageira de várias maneiras. O nitrogênio (N) ativa as gemas basais, originando novos perfilhos, o que pode justificar, no segundo experimento, o aumento do número de perfilhos vegetativos e reprodutivos (Figura 1). De fato, Oliveira Junior⁽⁵⁾ avaliou o perfilhamento do capim-piatã submetido a 50 e a 300 kg ha⁻¹ de N e a maior dose resultou em maior número de perfilhos vegetativos.

O aumento do intervalo de corte propiciou a emissão dos perfilhos reprodutivos, porque a planta não teve seu crescimento interrompido e completou seu desenvolvimento fenológico (Figura 2).

O adubo nitrogenado aumenta a eficiência fotossintética e atua nas zonas meristemáticas da folha, estimulando o alongamento de colmo e taxa de alongamento foliar^(6,7), o que provavelmente ocorreu no Experimento 2, justificando os maiores comprimentos de colmo e de lâmina foliar nos perfilhos de capim-marandu com a maior dose do fertilizante (Figuras 3B e 4B).

Os colmos também ficaram mais compridos quando o intervalo de corte foi maior. Neste cenário, a planta está intacta por mais tempo, tendo livre crescimento e, assim, espera-se que ela seja maior e mais comprida, inclusive seu colmo, o que foi observado nos dois anos experimentais deste estudo (Figura 3A). Outro fato que pode explicar os colmos mais compridos com o maior intervalo de desfolhação é que a planta mais velha precisa sustentar seu maior peso para evitar o tombamento, e o colmo é a estrutura mais rígida e de sustentação do capim.

Ademais, quando a planta fica mais alta, há maior competição intraespecífica por luz entre os perfilhos, o que faz com que o colmo se alongue, como resposta morfológica, buscando luz na parte superior do relvado, pois a inferior encontra-se sombreada. Conforme Da Silva; Corsi⁽⁸⁾, durante a rebrotação do pasto, quando o dossel passa a interceptar 95% da

luz incidente (índice de área foliar crítico), os perfis competem entre si por luz e, como estratégia, ocorre o alongamento do colmo na tentativa de expor as folhas em um plano mais alto no dossel.

Como o colmo é indesejado no pasto, por possuir pior valor nutritivo⁽⁹⁾ e ser rejeitado pelo animal em pastejo⁽¹⁰⁾, não seria recomendado o descanso do pasto por períodos longos durante o período das águas, como a cada 56 ou 112 dias, porque a quantidade de colmo ofertada seria grande, contrariamente ao observado quando se trabalha com menores intervalos de corte, como por exemplo 28 dias.

O comprimento da lâmina foliar também aumentou com o maior intervalo de corte, em ambos os experimentos, provavelmente, devido ao processo de emissão de folhas novas no perfilho (Figura 4A). Para que elas sejam expostas, devem percorrer um "caminho", desde o meristema apical, localizado no interior do pseudocolmo, até a ponta do perfilho. Quando o tempo entre cortes é maior, o pseudocolmo fica mais comprido e a distância que as novas folhas percorrem para serem expostas de dentro do órgão é maior. Devido a esse maior percurso, a folha jovem fica se alongando por um maior período, resultando em maior comprimento de sua lâmina foliar⁽¹¹⁾. O contrário ocorreu com os menores intervalos de corte, onde os colmos ficaram mais curtos e o percurso que a folha nova teve que percorrer para despontar no perfilho foi menor, resultando em folhas mais curtas.

A gramínea submetida ao corte mais frequente, por apresentar folhas e colmos mais curtos, permite à planta minimizar sua probabilidade de ser desfolhada, ou seja, aumenta a chance de escapar da desfolhação. Trata-se de uma resposta típica da plasticidade fenotípica, onde a planta forrageira muda suas características morfológicas a fim de manter-se viva em ambiente de desfolhação mais severa.

Com o alongamento do colmo causado pela adubação, o espaço entre a inserção de folhas consecutivas no colmo também aumentou (Figura 5B). Isso ocorreu, pois o número de folhas permaneceu o mesmo, já que é uma característica relativamente estável e da genética da planta⁽¹²⁾.

A distância entre folhas também foi influenciada pelos intervalos de corte, pois estes sendo menores, tornam o colmo mais curto, e as folhas ficam distribuídas em um espaço vertical menor, resultando em folhas mais próximas (Figura 5A). Isso também revela a capacidade que a gramínea tem de se adaptar à desfolhação (plasticidade fenotípica), alterando sua morfologia para manter seus órgãos fotossintéticos íntegros⁽¹³⁾. Dessa forma, ao invés da planta reduzir a quantidade de folhas devido a um colmo mais curto, elas

permanecem em mesma quantidade, porém ficam distribuídas em um colmo mais curto e, portanto, ficam mais próximas umas das outras.

Altas doses de nitrogênio (N) promovem o crescimento da planta e, consequentemente, a expansão do comprimento da folha⁽¹⁴⁾, o que foi comprovado neste experimento. Dessa forma, com lâminas foliares maiores, se tem também maior área foliar do perfilho (Figura 6B). Esta variável também aumenta com o maior intervalo de corte, pois é natural que folhas mais compridas resultem em uma área foliar do perfilho maior (Figura 6A). A maior área foliar do perfilho, somado aos seus colmos mais longos também resultou em perfis maiores e mais pesados na presença de N.

O colmo é o componente mais pesado do capim e por ter se mostrado mais comprido na presença de mais N e P, é natural que o peso do perfilho seja superior. Além disso, a maior quantidade de nitrogênio e de fósforo no solo interfere nas respostas morfofisiológicas da planta forrageira, como atividade fotossintética, mobilização de reservas após a desfolhação e taxa de expansão da área foliar⁽¹⁵⁾. Assim, a aplicação da maior dose de N e de P resultou em maior peso de biomassa por perfilho (Figura 7B).

Naturalmente, com o aumento do intervalo de corte, os componentes morfológicos ficam mais velhos, maiores e mais pesados. Isso tem consequência no peso do perfilho, o que também foi observado nos dois experimentos (Figura 7A).

Os resultados desse trabalho demonstram a efetiva capacidade do capim-marandu em se adaptar, via modificações morfológicas (plasticidade fenotípica), às variações nas condições de adubação e de desfolhação. Além disso, esses resultados indicam que os efeitos da adubação e da severidade de desfolhação são de natureza contrária. Essa compensação de efeitos pode justificar, em parte, o fato do pasto sob alta dose de adubado se adaptar melhor à maior severidade de desfolhação.

Conclusões

O capim-marandu possui ampla plasticidade fenotípica, em resposta à desfolhação e à adubação. Exceto para a densidade populacional de perfilhos, as demais modificações morfológicas nos perfilhos do capim-marandu causadas pela desfolhação e pela adubação são de natureza contrária. Enquanto a maior dose de adubos aumenta o tamanho dos órgãos, o

espaço entre lâminas foliares, a área foliar e o peso de perfilho, a severidade de desfolhação tem efeitos contrários.

Referências

1. Briske DD. Developmental morphology and physiology of grasses. In: Heitschmidt RK, Stuth JW. Grazing management: an ecological perspective. Portland: Timber Press, 1991. p. 85-108. English.
2. Santos MER, Fonseca DMF, Gomes VM, Castro, MRS, Carvalho, VV. Desfolhação de perfilhos em pasto de capim-braquiária sob lotação contínua. Ciência Animal Brasileira. 2011 Apr/May;12(2):241-249. Available from:
<http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/7541/9227>. Portuguese.
3. Zanine AM, Vieira BR. Fluxo de tecidos em gramíneas. Revista Científica Eletrônica de Agronomia. 2006 Jun;5(9):1-15. Available from:
http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/F5NRC0YPxwKc4Yn_2013-4-29-17-52-12.pdf. Portuguese
4. Paula CCL, Euclides VPB, Lempp B, Barbosa RA, Montagner DB, Carloto MN. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. Ciência Rural. 2012 Nov; 42(11): 2059-2065. Available from:
[http://www.scielo.br/scielo.php%3Fpid%3DS0103-84782012001100024%26script%3Dsci_arttext+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=3DS0103-84782012001100024&script=3Dsci_arttext&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br). Portuguese.
5. Oliveira Júnior DS. Densidade populacional de perfilhos em pastagem de capim piatã manejado sob lotação contínua [trabalho de conclusão de curso]. Universidade Federal de Uberlândia; 2014.
6. Bélanger G. Morphogenetic characteristics of Timothy grown with varying N nutrition. Canadian Journal of Plant Science. 1998 Jan;78(1):103-108. Available from:
<http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/P97-015>. English.
7. Garcez Neto AF, Nascimento Júnior D, Regazzi O, Fonseca DM, Mosquim DR, Gobbi KF. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. Revista Brasileira de Zootecnia. 2002; 31(5):1890-1900. Available from: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n5/a04v31n5.pdf>. Portuguese.
8. Da Silva SC, Corsi M. Manejo do Pastejo. Anais do Simpósio sobre manejo de pastagens 20; 2003; Piracicaba: FEALQ; 2003.
9. Silva SHB, Santos MVF, Lira MA, Dubreux Júnior JCB, Freitas EV, Ferreira, RLC. Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em genótipos de capim-elefante de porte baixo. Revista Brasileira de Zootecnia. 2009;38(8):1451-1459. Available from:
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-35982009000800008&script=sci_arttext. Portuguese.

10. Santos MER, Gomes VM, Fonseca, DM. Fatores causadores de variabilidade espacial do pasto de capim braquiária: manejo do pasto, estação do ano e topografia do terreno. *Bioscience Journal*. 2014 Jan;30(1):210-218. Available from:
<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/18020/13702>. Portuguese.
11. Skinner RH, Nelson CJ. Elongation of the grass leaf and its relationship phillochron. *Crop Science*; 35(1):4-10. English.
12. Lemaire G, Chapman D. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson J, Illius AW, editors. *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International; 1996. P.3-36. English.
13. Valladares F, Gianoli E, Gómez JM. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist*. 2007 Nov; 176 (4): 749-763. Available from:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2007.02275.x/full>. English.
14. Oliveira AB, Pires AJV, Matos Neto U, Carvalho GGP, Veloso CM, Silva FF. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2007 Jul;34(4) suplemento:1006-1013. Available from:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007000500004. Portuguese.
15. Martha Júnior GB, Vilela L, Barioni LG, et al. Manejo de adubação nitrogenada em pastagens. *Anais do Simpósio sobre manejo de pastagens* 21; 2004; Piracicaba: FEALQ; 2004.

CAPÍTULO 3

Índice de horizontalidade e remoção de tecidos do capim-marandu em resposta à desfolhação e à adubação – Bioscience Journal

Resumo: É possível que a maior disponibilidade de nutrientes no solo promova adaptação mais efetiva e mais rápida da forma de crescimento da planta forrageira submetida a um grau de desfolhação mais severo. Portanto, para testar essa hipótese, objetivou-se caracterizar as modificações na forma de crescimento da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu syn. *Urochloa brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) submetida aos intervalos de corte e à adubação, bem como avaliar o efeito destas modificações sobre as forragens removida e remanescente após o corte. O trabalho foi realizado em dois anos experimentais, nos quais foram avaliados intervalos de corte (sete, 14, 28, 56 e 112 dias), utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. No segundo ano, além dos mesmos intervalos de corte avaliados no primeiro ano, também foram estudadas duas condições de adubação, sendo uma baixa (50 kg ha^{-1} de P_2O_5 e de 75 kg ha^{-1} de N) e outra alta (100 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 300 kg ha^{-1} de N). No segundo ano, utilizou-se o esquema fatorial. No primeiro ano experimental, maior índice de horizontalidade foi encontrado na planta sob corte mais frequente e, quando cortadas com menores intervalos (56 e 112 dias), houve redução desse índice. No segundo ano, a alta condição de adubação proporcionou maior índice de horizontalidade apenas na planta submetida ao corte a cada sete dias. De forma geral, em ambos os anos, a massa de forragem remanescente aumentou com o aumento do intervalo de corte. No segundo ano, a massa de forragem remanescente aumentou com a alta adubação, assim como a percentagem de colmo vivo. Em ambos os anos, a massa de forragem e o índice de área foliar (IAF) removidos foram maiores nos dosséis sob maiores intervalos de corte. Quando submetidos à alta condição de adubação, no Experimento 2, a massa de forragem e o IAF removidos do dossel foram mais elevados, em comparação à condição de baixa adubação. No segundo ano experimental, quando a condição de adubação foi alta, houve menor percentagem de folha viva removida nos dosséis sob cortes intermediários (28 e 56 dias). Quando a desfolhação é muito frequente, a maior disponibilidade de nutrientes no solo contribui para que o capim-marandu modifique mais acentuadamente a sua forma de crescimento, passando de ereta para prostrada, em comparação à condição de baixa disponibilidade de nutrientes no solo. Além disso, o aumento do intervalo de corte e a adubação incrementam a remoção da forragem do capim-marandu.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Adubação fosfatada. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Plasticidade fenotípica. *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Horizontality index and removing marandu grass tissues in response to defoliation and fertilization

Abstract: It is possible that the increased availability of nutrients in the soil promotes more effective and faster adaptation of grasses subjected to a degree of more severe defoliation. Therefore, to test this hypothesis, this study aimed to characterize the changes in the form of growth of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu syn. *Urochloa brizantha* cv. Marandu (marandu grass) submitted to cutting intervals and fertilization, as well as assess the effect of these changes on the removed fodder as well as on the remaining after cutting. The study was conducted in two experimental years, where cutting intervals were evaluated (7, 14, 28, 56, and 112 days), using a randomized complete block design with four replications. In the second year, besides the same cutting intervals assessed in the first year, two fertilization conditions were studied, a low one (50 kg ha^{-1} of P_2O_5 and 75 kg ha^{-1} of N) and a high one (100 kg ha^{-1} of P_2O_5 and 300 kg ha^{-1} of N). In the second year, we used the factorial scheme. In the first experimental year, increased horizontality index was found in the most frequent plant cut and, when cut with shorter intervals (56 and 112 days), a reduction of this index. In the second year, the high fertilizing condition provided greater horizontality index only on the plant submitted to the seven-day cut. In general, in both years, the remaining fodder mass increased with increasing cutting interval. In the second year, the remaining fodder mass increased with high fertilization, as well as the percentage of live stem. In both years, the fodder mass and leaf area index (LAI) were higher in the canopies removed with higher cutting intervals. When subjected to high fertilizer condition, in Experiment 2, the fodder mass and the LAI removed from the canopy were higher compared to the low fertilization condition. In the second experimental year, when fertilization condition was high, there was a lower percentage of live leaf removed in the canopies under intermediate cuts (28 and 56 days). We can conclude that when the defoliation is very frequent, the increased availability of nutrients in the soil helps the marandu grass change more sharply its shape of growth, from upright to prostrate, compared to the low availability of nutrients condition on ground. Furthermore, the increase of the cutting interval and fertilization increment fodder removing from marandu grass.

Keywords: Nitrogen fertilization. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Phenotypic plasticity. *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Introdução

No Brasil, o principal alimento dos ruminantes é o pasto e, neste contexto, destaca-se o capim-marandu, que é o principal capim cultivado nas pastagens do país. Essa gramínea forrageira ocupa grande parte do território nacional, sendo mais utilizada no Cerrado, por ser adaptada ao clima tropical e tolerar solos ácidos e de média fertilidade. Nesse sentido, para o adequado manejo do capim-marandu, é importante compreender as modificações na forma de crescimento da planta causadas pela desfolhação e pela disponibilidade de nutrientes no solo.

A forma de crescimento da gramínea pode ser caracterizada pela orientação dos seus perfis em relação à superfície do solo. Dessa forma, os perfis podem ter variações de crescimento, que compreende um gradiente de orientação, desde eretos até paralelos à superfície do solo (SANTOS et al., 2009). O índice de horizontalidade é uma forma de medir o grau de prostração da gramínea, que é representado mais distante de uma unidade (1) quanto mais prostrada for. A forma de crescimento dos perfis influencia outras características morfológicas da planta forrageira, tais como as dimensões de seus órgãos (tamanho do colmo e da folha) e a sua composição morfológica (percentuais de folha viva, colmo vivo e tecido morto).

A forma do crescimento é alterada pelo grau de desfolhação. Quando esta é muito frequente, a orientação do crescimento dos perfis se torna mais horizontal, o que caracteriza uma adaptação morfológica que confere menor probabilidade de desfolhações. Com isso, após a desfolhação, a planta apresenta maior quantidade de folhas remanescentes, uma característica importante para garantir maiores interceptação de luz, fotossíntese e rebrotação após o corte. Por outro lado, sob desfolhações lenientes, o crescimento da planta torna-se mais ereto, devido à maior competição de luz entre seus perfis (PEDREIRA et al., 2009).

A maior disponibilidade de nutrientes no solo, como o nitrogênio e o fósforo, geralmente aumenta a taxa de crescimento da planta, a emissão de novos perfis e o índice de área foliar do dossel. Esses efeitos positivos podem tornar a planta mais eficiente em realizar as modificações morfológicas necessárias para sua adaptação à desfolhação, ou seja, a disponibilidade de nutrientes no solo melhora a plasticidade fenotípica da planta forrageira.

O presente estudo foi conduzido para caracterizar as modificações na forma de crescimento do capim-marandu submetidos a intervalos de corte e à adubação, bem como

avaliar o efeito dessas modificações da forma de crescimento sobre a forragem removida e remanescente após o corte das plantas.

Material e Métodos

Este trabalho foi conduzido em dois períodos, de outubro de 2013 até fevereiro de 2014, e de novembro de 2014 até março de 2015. Em cada período, experimentos independentes, porém com natureza semelhante, foram realizados. Os dois experimentos, denominados de Experimento 1 e Experimento 2, ocorreram em uma área com 100 m² e estabelecida no ano de 2000 com *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu (capim-marandu), localizada na Fazenda Experimental Capim-branco, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia, Minas Gerais. As coordenadas geográficas aproximadas do local do experimento são 18°30' de latitude sul e 47°50' de longitude oeste de Greenwich com altitude de 863 m. O clima da região é tropical de altitude, com inverno ameno e seco e estação seca e chuvosa bem definida. A temperatura e precipitação média anual são de 22,3°C e 1584 mm, respectivamente.

As informações referentes às condições climáticas durante o período experimental foram monitoradas na estação meteorológica localizada aproximadamente a 200 m da área experimental (Tabela 1).

Tabela 1- Médias mensais de temperaturas diárias, radiação solar média, precipitação e evapotranspiração durante o período de outubro de 2013 a fevereiro de 2014 e de novembro de 2014 a março de 2015.

Mês	Temperatura média do ar (°C)			Radiação solar (MJ/dia)	Precipitação pluvial (mm)	Evapotranspiraç ão (mm)
	Média	Mínima	Máxima			
Experimento 1 (2013-2014)						
Outubro	23,5	18,4	29,8	608,9	81,6	104,1
Novembro	23,5	19,1	29,0	576,3	91,0	95,1
Dezembro	23,1	19,5	28,8	566,9	229,4	90,7
Janeiro	23,9	18,4	30,5	696,3	58,4	115,0
Fevereiro	23,8	18,5	30,2	550,9	75,2	92,6
Experimento 2 (2014-2015)						
Novembro	23,6	17,1	32,6	548,8	347,2	89,2
Dezembro	22,7	17,0	32,1	545,8	210,8	87,1
Janeiro	25,4	18,3	33,3	591,6	121,0	101,0
Fevereiro	23,0	17,2	32,8	549,6	166,6	88,5
Março	21,8	18,3	27,9	522,0	78,4	81,4

Antes da implantação dos experimentos foram retiradas amostras de solo na camada 0-10 cm para análise do nível de fertilidade. No Experimento 1, os resultados foram: pH em H₂O: 5,5; P: 1,3 (Mehlich-1); K: 75 mg dm⁻³; Ca²⁺: 1,7; Mg²⁺: 1,1 e Al³⁺: 0,0 cmol_c/dm³ (KCl 1 mol L⁻¹). No Experimento 2, os resultados foram: pH em H₂O: 6,0; P: 5,2 (Mehlich-1) e K: 156 mg dm⁻³; Ca²⁺: 5,4; Mg²⁺: 2,0 e Al³⁺: 0,0 cmol_c dm⁻³ (KCl 1 mol L⁻¹). Com base nesses resultados, não foi necessário efetuar a calagem e nem a adubação potássica.

No Experimento 1, as adubações fosfatada e nitrogenada foram realizadas após corte de uniformização das plantas a 5 cm de altura, em 15 de novembro de 2013, com a aplicação de 70 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando como fontes a ureia e o superfosfato simples. As adubações foram realizadas com única aplicação ao fim da tarde e em cobertura.

No primeiro período experimental (Experimento 1), foram avaliados cinco intervalos de cortes (7, 14, 28, 56 e 112 dias), que caracterizaram distintas frequências de desfolhação a que o capim-marandu foi submetido. Como o período de avaliação foi de 112 dias, o número de eventos de desfolhação foi variável durante o período experimental, de modo que ocorreram 16, oito, quatro, duas e uma desfolhações para os intervalos de cortes de 7, 14, 28, 56 e 112 dias, respectivamente. Cada intervalo de corte foi implementado em quatro unidades experimentais.

No segundo período experimental (Experimento 2), também foram avaliados os mesmos cinco intervalos de cortes (7, 14, 28, 56 e 112 dias) e mais duas condições de adubação (baixa e alta). A condição de baixa adubação correspondeu à aplicação de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e de 75 kg ha⁻¹ de N após o corte de uniformização das plantas em 10 cm no dia 10/11/2014. A condição de alta adubação correspondeu à aplicação de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 300 kg ha⁻¹ de N, sendo que o adubo fosfatado foi aplicado após o corte de uniformização, enquanto que o adubo nitrogenado foi aplicado em quatro parcelas de 75 kg/ha de N nos dias 10/11/2014, 08/12/2014, 05/01/2015 e 02/02/2015. Como fontes de adubos, foram usados o superfosfato simples e a ureia.

Em ambos os experimentos, devido ao relevo levemente inclinado da área experimental, foi adotado o delineamento em blocos casualizados. A unidade experimental correspondeu à uma área demarcada ao nível da superfície do solo com uma moldura de formato quadrado, com lado de 50 cm e, portanto, com área de 0,25 m². No Experimento 2, adotou-se o esquema fatorial, com quatro repetições.

Nas datas dos cortes, removeu-se com tesoura de poda todos os componentes da parte aérea da planta que estivessem acima de 5 cm ou de 10 cm da superfície do solo nos Experimentos 1 e 2, respectivamente.

Todas as avaliações ocorreram no último corte de cada intervalo avaliado, isto é, em 28/02/2014 para o Experimento 1 e em 02/03/2015 para o Experimento 2.

Antes do corte, as plantas tiveram suas alturas mensuradas com auxílio de uma régua graduada, considerando a distância desde a superfície do solo até o ápice da lâmina foliar mais alta na planta, procurando causar o mínimo de distúrbio nos perfilhos. Em seguida, os perfilhos das plantas foram estendidos no sentido vertical e a altura da planta estendida mensurada de acordo com o mesmo critério descrito anteriormente. Pela razão entre a altura da planta estendida e a altura da planta, foi calculado o índice de horizontalidade da planta, que de acordo com Santos et al. (2009), pode indicar a orientação do crescimento da gramínea, pois quanto maior esse índice, mais prostrado ou horizontal é o crescimento do pasto, enquanto que um índice próximo de uma unidade corresponde à planta que cresce no sentido vertical ou mais ereta.

Posteriormente, a forragem removida acima de 5 cm e de 10 cm nos Experimentos 1 e 2, respectivamente, foi colocada em saco plástico identificado, levada para o laboratório, onde foi pesada e subdividida em duas partes. Uma parte foi pesada, colocada para secar em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 horas e novamente pesada. A outra porção foi separada em lâmina foliar viva, colmo vivo mais bainha foliar e material morto, os quais também foram secados em estufa e, depois, pesados. Com esses dados, foi possível calcular a massa de forragem removida total, bem como sua composição morfológica.

Após a avaliação da massa e da composição morfológica da forragem removida, também foi colhida ao nível da superfície do solo a massa de forragem pós-corte, contida nos 5 cm ou nos 10 cm da parte aérea remanescente das plantas nos Experimentos 1 e 2, respectivamente. As amostras de forragem pós-corte foram separadas de modo semelhante ao descrito para a amostra de forragem removida.

Parte das lâminas foliares da forragem removida teve uma pequena porção das extremidades (ápice e base) cortada e descartada, de modo que a se obter um segmento de lâmina foliar aproximadamente retangular. A largura e comprimento de cada segmento foram mensurados e, pelo produto destas dimensões, obteve-se a área foliar dos segmentos de lâminas foliares. Estes foram colocados, juntamente com os outros componentes morfológicos separados, em estufa de ventilação forçada, a 65°C, por 72 horas e, em seguida, pesados. Com

isso, foi calculada a área foliar específica (cm^2 de lâmina foliar/g de lâmina foliar). O índice de área foliar, tanto da forragem removida quanto da forragem remanescente, foi calculado pelo produto da área foliar específica pela massa de lâmina foliar viva removida e remanescente.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, admitindo-se uma probabilidade de ocorrência do erro tipo I de 5%.

Resultados

No primeiro experimento, o índice de horizontalidade do capim-marandu foi menor nos dois maiores intervalos de corte, quando comparado aos demais (Figura 1A).

No Experimento 2, com baixa adubação, o maior índice de horizontalidade ocorreu no intervalo de corte de 7 dias e o menor, com 112 dias. Ocorreu resposta semelhante quando a adubação foi alta. Comparando-se as adubações, a maior dose de adubo aumentou o índice de horizontalidade apenas quando o dossel foi submetido ao menor intervalo de corte (Figura 1B).

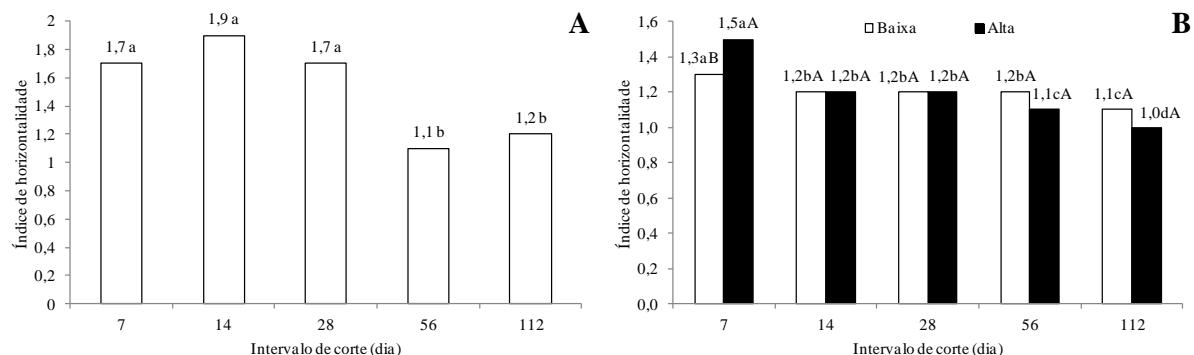


Figura 1 - Índice de horizontalidade do capim-marandu submetido aos intervalos de corte no primeiro ano experimental (A) e aos intervalos de corte e condições de adubação no segundo ano experimental (B). No gráfico A, médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$); no gráfico B, letras minúsculas comparam os intervalos de corte em cada condição de adubação e letras maiúsculas comparam as condições de adubação em cada intervalo de corte pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

No experimento 1, a massa de forragem remanescente foi maior com maiores intervalos de corte. Quanto à composição morfológica, o percentual de colmo vivo foi maior quando a planta foi cortada com 112 dias, enquanto que o de material morto foi maior na planta cortada a cada 56 e 112 dias, ao contrário do percentual de folha viva, que foi menor no intervalo de corte de 112 dias. No Experimento 2, as variáveis respostas seguiram semelhante padrão de resposta descrito anteriormente, porém o percentual de material morto não se alterou com os

intervalos de corte. Ademais, neste experimento, a alta adubação aumentou a massa de forragem remanescente e o percentual de colmo vivo, mas reduziu o percentual de material morto, em comparação à baixa adubação (Tabela 2).

Tabela 2 - Massa e composição morfológica da forragem remanescente do capim-marandu submetido à intervalos de corte e condições de adubação

Característica	Intervalo de corte (dia)					Adubação	
	7	14	28	56	112	Baixa	Alta
Experimento 1							
MF	412b	394b	504a	508a	483a	-	-
FV (%)	29a	28a	25a	21a	6b	-	-
CV (%)	28b	29b	28b	26b	37a	-	-
MM (%)	43b	43b	47b	53a	57a	-	-
Experimento 2							
MF	412c	465b	456b	478b	571a	447b	505a
FV (%)	25a	23a	22a	14b	13b	19a	20a
CV (%)	22b	27b	23b	36a	33a	23b	33a
MM (%)	53a	50a	55a	50a	55a	58a	48b

MF: massa de forragem de matéria seca (g m^{-2}); FV: folha viva; CV: colmo vivo; MM: material morto; Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

No Experimento 1, o índice de área foliar remanescente foi menor no intervalo de corte de 112 dias (Figura 2A), assim como no segundo ano, independentemente da dose do adubo. A maior dose de N resultou em maior índice de área foliar remanescente apenas com o menor intervalo de corte (Figura 2B).

De modo geral, a massa de forragem removida e o percentual de material morto removido aumentou com os maiores intervalos de corte. No Experimento 1, o índice de área foliar removido foi maior no dossel cortado a cada 112 dias do que naqueles cortados a cada 7, 14 e 28 dias. No Experimento 2, o índice de área foliar removido foi maior com o intervalo de corte de 112 dias, em comparação aos demais. (Tabela 2). No segundo experimento, a maior adubação aumentou a massa de forragem e o índice de área foliar removidos, em comparação à menor condição de adubação (Tabela 2).

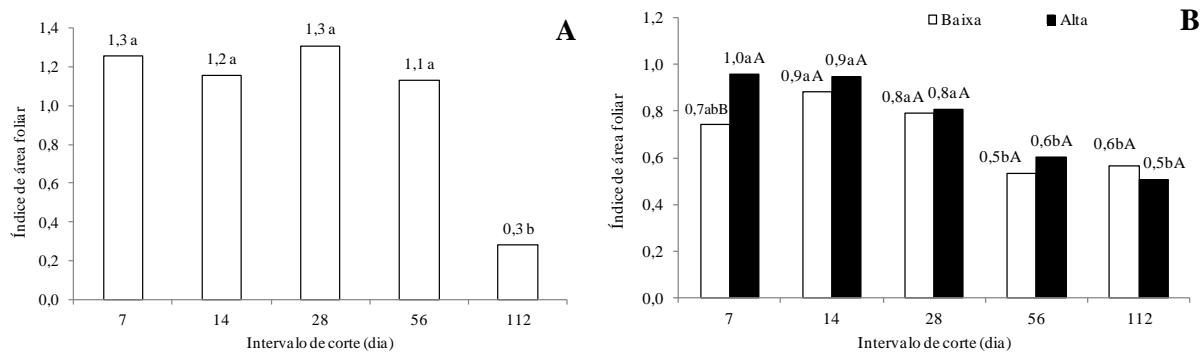


Figura 2 - Índice de área foliar remanescente do capim-marandu submetido à intervalos de corte (A) e condições de adubação (B). No gráfico A, médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$); no gráfico B, letras minúsculas comparam os intervalos de corte em cada condição de adubação e letras maiúsculas comparam as condições de adubação em cada intervalo de corte pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Tabela 3 - Massa, percentual de material morto e índice de área foliar removido do capim-marandu submetido à intervalos de corte (A) e condições de adubação (B).

Característica	Intervalo de corte (dia)					Adubação	
	7	14	28	56	112	Baixa	Alta
Experimento 1							
MF	95,0c	100,3c	146,2bc	305,3b	840a	-	-
MM (%)	0,0c	0,0c	14,8b	30,2a	24,6a	-	-
IAF	1,0b	1,1b	1,2b	1,6ab	4,3a	-	-
Experimento 2							
MF	44,8e	113,6d	173,7c	381,3b	843,3a	261,3b	391,8a
MM (%)	0,0c	0,0c	8,0b	7,0b	10,0a	4,0a	5,0a
IAF	0,4d	1,1c	1,3c	2,6b	3,9a	1,6b	2,1a

MF: massa de forragem (g m^{-2}); MM: material morto; IAF: índice de área foliar; Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Foi verificado maior percentual de folha viva na forragem removida com a diminuição do intervalo de corte em ambos anos experimentais (Figura 3). No Experimento 2, ocorreu também menor percentual de folha viva na forragem removida com a maior adubação naquelas plantas cortadas com mais de 14 dias (Figura 3B).

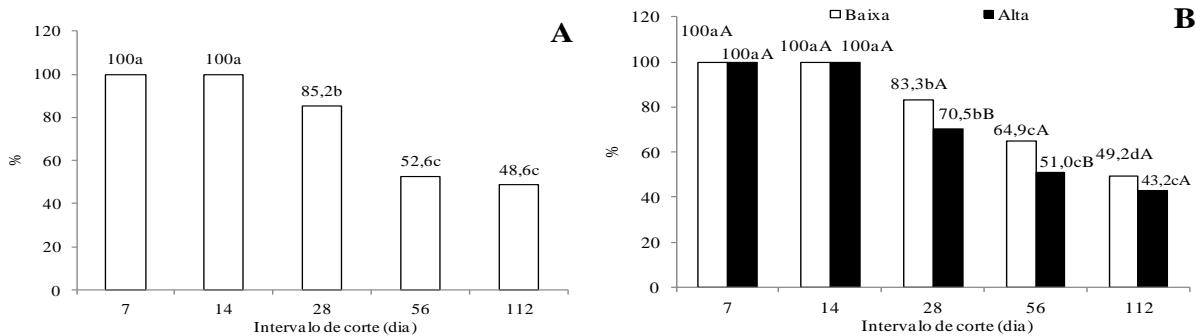


Figura 3 - Percentagem de folha viva na forragem removida do capim-marandu submetido à intervalos de corte (A) e condições de adubação (B). No gráfico A, médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$); no gráfico B, letras minúsculas compararam os intervalos de corte em cada condição de adubação e letras maiúsculas compararam as condições de adubação em cada intervalo de corte pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

No primeiro ano de experimento, a percentagem de colmo vivo na forragem removida foi maior com o corte a cada 112 dias do que os demais intervalos de corte avaliados. Neste ano, não se encontrou colmo vivo nos três menores intervalos de corte. No segundo ano, a percentagem de colmo vivo também aumentou com os maiores intervalos de corte, sendo inexistente nos dois menores intervalos. A alta adubação aumentou a percentagem de colmo vivo removido na forragem, quando comparada à baixa adubação (Figura 4B).

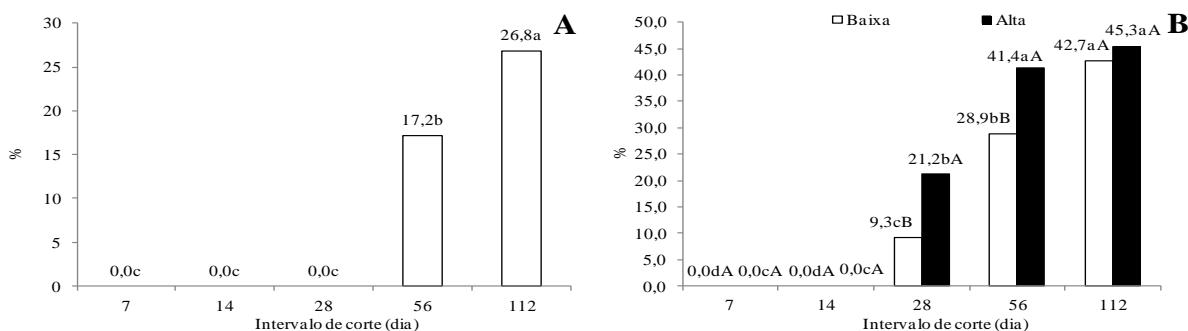


Figura 4 - Percentagem de colmo vivo na forragem removida do capim-marandu submetido à intervalos de corte (A) e condições de adubação (B). No gráfico A, médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($P<0,05$); no gráfico B, letras minúsculas compararam os intervalos de corte em cada condição de adubação e letras maiúsculas compararam as condições de adubação em cada intervalo de corte pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Discussão

No primeiro ano experimental, os maiores índices de horizontalidade foram encontrados nas plantas submetidas aos cortes mais frequentes, o que revela, possivelmente, o mecanismo

de escape que a planta desenvolveu, a fim de reduzir a probabilidade de desfolhação frequente, via uma forma de crescimento mais prostrada (Figura 1A).

É provável que quando cortadas com maiores intervalos (56 e 112 dias), o índice de horizontalidade diminuiu, pois a planta forrageira cresceu de forma mais ereta, devido à alta competição intraespecífica por luz no interior do dossel, que impulsiona o crescimento vertical dos perfilhos e o alongamento do colmo, para posicionar as folhas no estrato superior do dossel e, com isso, aumentar a interceptação luminosa pelo relvado (BRISKE, 1996).

No segundo ano, a alta condição de adubação proporcionou maior índice de horizontalidade apenas na planta submetida ao intervalo de corte de sete dias (Figura 1B). Portanto, com a maior adubação, a gramínea se prostrou mais eficientemente. Provavelmente, a maior disponibilidade de nutrientes aumentou a taxa de crescimento da planta, o que pode ter a tornado mais rápida em realizar a mudança de sua forma de crescimento, de ereta para mais prostrada, caracterizando o efeito do melhor status nutricional em reduzir o tempo para que as respostas em plasticidade fenotípica do dossel ocorram. Contrariamente, sob alta frequência de desfolhação (intervalo de corte de sete dias), a planta com menor disponibilidade de nutrientes demorou mais tempo para demonstrar sua plasticidade, apresentando inferior valor de índice de horizontalidade.

Nos intervalos de corte superiores a sete dias, a planta foi hábil em mudar sua forma de crescimento, independentemente da condição de adubação, provavelmente porque a remoção de forragem não foi extrema. Desta forma, a maior disponibilidade de nutrientes no solo favoreceu a plasticidade fenotípica do capim apenas quando este foi cortado com frequência extrema (sete dias).

De forma geral, em ambos os experimentos, a massa de forragem remanescente obteve maior incremento com o aumento dos intervalos de corte, por consequência da sua maior percentagem de colmo e da idade superior das plantas no momento do corte (Tabela 2). Estas plantas mais velhas são mais altas e pesadas e possuem maior percentagem de colmo, que exercem função de sustentação da planta e se localizam, em maioria, no seu estrato basal. Nesse sentido, Pedreira et al. (2009) observaram que a desfolhação de capim-xaraés ocorrida aos 28 dias e com 95% de interceptação luminosa (IL) apresentou menor massa de forragem, quando comparado à desfolha mais tardia (100% de IL). Tal fato foi justificado pelo maior teor de folhas no dossel, sendo este um órgão menos denso que os colmos. Assim, quando cortada, a massa de forragem remanescente é a do estrato basal, isto é, constituída

predominantemente de colmo, um órgão mais denso e que confere maior massa de forragem remanescente aos dosséis sob maior intervalo de corte.

Por outro lado, com intervalos de cortes mais curtos, ocorreram inferiores massas de forragem remanescente, pois nessas condições as plantas estavam sempre rebrotando devido ao corte mais frequente, o que, provavelmente tornou-as mais baixas (Tabela 2). Xu et al. (2011) afirmaram que plantas com menor altura possuem mais folhas e menos colmos, o que resulta em menor densidade volumétrica da forragem e, com efeito, inferior massa de forragem após o corte. Ademais, em plantas cortadas mais frequentemente, a prevalência de folhas na massa de forragem remanescente ocorreu, porque estas plantas estavam mais prostradas, demonstrando a plasticidade fenotípica que a gramínea possuiu, a fim de minimizar a remoção de folhas.

A predominância de folhas na massa de forragem remanescente, resultante de cortes mais frequentes, em comparação aos cortes a cada 56 e 112 dias, pode ser benéfica para a rebrotação da planta, pois a folha é o órgão responsável pela interceptação de luz e pela fotossíntese.

No segundo ano experimental, a massa de forragem remanescente aumentou com a alta adubação, assim como a percentagem de colmo vivo, devido possivelmente ao maior perfilhamento do dossel adubado com maior dose de nitrogênio (ALCÂNTARA et al., 2009) e de fósforo (Tabela 2).

Esperava-se que, com alta adubação, a percentagem de material morto fosse maior na forragem remanescente, pois o nitrogênio acelera a senescência vegetal (MARTUSCELLO et al., 2005; SILVA et al., 2009). Porém, houve mais percentagem de material morto na massa de forragem remanescente com a baixa condição de adubação (Tabela 2). É possível que, com a alta senescência causada pela maior disponibilidade de nutrientes (alta adubação), as folhas mortas tenham se desprendido do colmo, passando a constituir a serrapilheira. Isso poderia justificar a menor percentagem de material morto na forragem remanescente.

Em geral, quanto maior o intervalo de corte, menor foi o índice de área foliar remanescente em ambos anos experimentais, em função da inferior percentagem de folha viva na massa de forragem remanescente, bem como em função do menor índice de horizontalidade da planta nesta condição. Com base nesses resultados, pode-se inferir que, quanto mais prostrada a gramínea, mais área foliar remanescerá para dar continuidade à interceptação de luz e à síntese de fotoassimilados, revelando a grande importância que a

modificação da forma de crescimento da planta tem na sua persistência no dossel sob alto grau de desfolhação.

Nesse sentido, no segundo ano experimental, a condição de alta adubação resultou em maior índice de área foliar remanescente quando o capim-marandu foi cortado a cada sete dias, uma consequência do seu maior índice de horizontalidade, ou seja, a prostração mais eficiente (Figura 2B). Essa resposta demonstra que um pasto submetido à maior grau de pastejo teria sua sustentabilidade garantida quando adubado com altas doses de adubos, comparando-se a um pasto não adubado. De fato, Santos (2010) afirmou que, em uma pastagem onde houve aumento da taxa de lotação e, por conseguinte, maior remoção de forragem, ao se realizar a adubação, a sustentabilidade da mesma é alcançada.

Em ambos os experimentos, a massa de forragem e o índice de área foliar (IAF) removidos foram maiores nos dosséis sob maiores intervalos de corte, o que já era esperado, pois quanto mais a planta cresce livremente, mais pesada ela ficará quando for colhida mais velha, ao contrário dos menores intervalos de corte, onde a planta fica mais prostrada e a cada corte é menos removida (Tabela 3).

O mesmo padrão de resposta ocorreu com a percentagem de material morto, pois à medida que a planta se desenvolve, alcança maior altura (Tabela 3). Com isso, seus órgãos ficam mais sombreados no interior do dossel e senescem mais. O sombreamento excessivo em determinadas porções do dossel gera uma alteração das características fotossintéticas da planta devido, dentre outros fatores, à redução da concentração de clorofila. Isso afeta negativamente a capacidade fotossintética da planta, ocasionando redução do crescimento ponderal e aumento da senescência (HUYLENBROECK; BOCKSTAELE, 2001).

Quando submetidos à alta condição de adubação, no Experimento 2, a massa de forragem e o IAF removidos do dossel foram mais elevados, em comparação à condição de baixa adubação (Tabela 3). Em relação à percentagem de folha viva na forragem removida dos dois anos experimentais, cortando a cada sete e 14 dias, ela contribuiu com a totalidade da massa de forragem removida, pois no momento dos cortes, apenas os ápices das folhas foram removidos (Figura 3). Então, mesmo com a menor massa de forragem colhida, seu total foi constituído de folhas vivas. À medida que o intervalo de corte aumentou, a constituição da massa de forragem removida alterou, devido ao desenvolvimento da planta, em que é normal a maior participação de colmo e de material morto, em relação à percentagem de folha viva.

No segundo ano experimental, quando a condição de adubação foi alta, houve menor percentagem de folha viva removida nos dosséis sob cortes intermediários (28 e 56 dias)

(Figura 3B). Isto pode ser justificado pois, comparando-se duas plantas com a mesma idade, 28 dias, por exemplo, a mais bem nutrida se encontra mais alta e mais desenvolvida do que a menos adubada. Portanto, mais diferenciada morfológicamente, tendo mais colmo e tecidos mortos em sua constituição, será a planta sob alta condição de adubação. Com isso, em plantas mais adubadas, a diferenciação morfológica foi maior e a percentagem de folhas vivas menor na forragem removida.

Martuscello et al. (2015) utilizaram doses entre 0 e 240 kg ha⁻¹ de N em capim-massai e observaram efeito linear positivo na produção de matéria seca total e taxa de alongamento foliar, resultados condizentes com os deste trabalho. Oliveira et al. (2007) afirmaram que a nutrição nitrogenada favorece o aumento dos entrenós, favorecendo o crescimento da planta, além da taxa de alongamento das folhas, estimulando o desenvolvimento do dossel, principalmente em condições de cerrado, onde observa-se naturalmente uma deficiência deste nutriente nos solos (CANTARUTTI et al., 1999).

Provavelmente, o padrão de resposta descrito anteriormente não ocorreu com os dosséis manejados com menores intervalos de corte (sete e 14 dias), pois a planta ainda estava muito jovem, com baixa diferenciação morfológica. De outra forma, o dossel sob maior intervalo de corte (112 dias) já se encontrava muito velho e com alta diferenciação morfológica. Esses fatores podem justificar a ausência de efeitos da condição de adubação sobre a percentagem de folha viva na massa de forragem removida dos desfolhados a cada sete e 14 dias (jovens), bem como daquele com baixa desfolhação (112 dias).

Em plantas sob maiores intervalos de corte, a percentagem de colmo vivo na forragem removida foi maior, nos dois anos de experimento, o que já era esperado, pois as plantas encontravam-se mais velhas, altas e com necessidade de maior sustentação, que é dada pelos colmos (Figura 4). Além disso, nesta condição houve mais sombreamento na base da touceira, o que propiciou o alongamento dos colmos, para posicionar as folhas mais jovens na parte superior do dossel, onde a luz é mais abundante.

Quanto ao segundo experimento, a alta condição de adubação resultou em maior percentagem de colmo vivo na forragem removida nos intervalos de corte de 28 e 56 dias, possivelmente pela maior diferenciação morfológica das plantas adubadas, em que é comum o maior alongamento do colmo (Figura 4B).

Conclusões

Quando a desfolhação é muito frequente, a maior condição de adubação contribui para que o capim-marandu modifique mais acentuadamente a sua forma de crescimento, passando de ereta para prostrada, ou seja, com maior índice de horizontalidade, em comparação à condição de baixa disponibilidade de nutrientes no solo.

O aumento do intervalo de corte e a adubação incrementam a remoção da forragem do capim-marandu.

Referências

ALCÂNTARA, R.M.C.M.; SOUSA, S.R.; XAVIER, G.R.; ROCHA, M.M.; RUMJANEK, N.G. Mecanismos bioquímicos, fisiológicos e moleculares relacionados com a eficiência do uso de nitrogênio em leguminosas e gramíneas. **Embrapa Meio-Norte**, Teresina, PI, 39p., 2009.

BRISKE, D.D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Ed.). *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International, 1996. p.37-67.

CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARE, V.H. (Ed.). Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação. Viçosa, MG: UFV; 1999. P.332-341.

HUYLENBROECK, J.M.V.; BOCKSTAEL, E.V. Effects of shading on photosynthetic capacity and growth of turfgrass species. *Research Journal*, v.9, n.1, p.353-359, 2001. Disponível em:
http://www.researchgate.net/publication/228509601_Effects_of_shading_on_photosynthetic_capacity_and_growth_of_turfgrass_species. Acesso em: 25 nov. 2015.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P.M.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; CUNHA, D.N.F.V.; MOREIRA, L.M. Características morfogênicas e estruturais do capim xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.34, n.5, p.1475-1482, 2005. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982005000500007&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt. Acesso em: 22 out. 2015.

MARTUSCELLO, J.A.; SILVA, L.P.; CUNHA, D.N.F.V.; BATISTA, A.C.S.; BRAZ, T.G.S.; FERREIRA, P.S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. *Ciência Animal Brasileira*, v16, n.1, p.1-13, 2015. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1809-68912015000100001&script=sci_arttext. Acesso em: 23 nov. 2015.

OLIVEIRA, A.B.; PIRES, A.J.V.; MATOS NETO, U.; CARVALHO, G.G.P.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.4, suplemento, p.1006-1013, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982007000500004. Acesso em: 01 nov. 2015.

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S.; SILVA, S.C. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.38, n.4, p.618-625, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982009000400005&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt. Acesso em: 24 nov. 2015.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIRÓZ, A.C.; RIBEIRO JÚNIOR, J.I. Características estruturais e índice de tombamento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em pastagens diferidas. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.38, n.4, p.626-634, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38n4/06.pdf> . Acesso em: 28 out. 2015.

SANTOS, M.E.R. Ajustes no manejo do pastejo em pastagens adubadas. Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.6, n.11, p. 13, 2010. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/ajustes%20no%20manejo.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

SILVA, C.C.F; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V.; MARANHÃO, C.M.A.; PATÊS, N.M.S.; SANTOS, L.C. Características morfogênicas e estruturais de duas espécies de braquiária adubadas com diferentes doses de nitrogênio. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.38, n.4, p.657-661, 2009.

XU, Y.F.; CHEN, H.; ZHOU, H.; JIN, J.W.; HU, T.M. Acclimation of morphology and physiology in turf grass to low light environment: a review. African Journal of Biotechnology, Grahamstown, v.10, n.48, p.9737-9742, 2011. Disponível em: <http://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/95744> . Acesso em: 22 nov. 2015.