INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS, NUTRIÇÃO E VALOR NUTRICIONAL DO CAPIM-ARUANA (*PANICUM MAXIMUM*, JACQ.) MEDIANTE ADUBAÇÃO NITROGENADA

Natalino Mendes Rasquinho

NOVA ODESSA

JANEIRO - 2012

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS, NUTRIÇÃO E VALOR NUTRICIONAL DO CAPIM-ARUANA (*PANICUM MAXIMUM*, JACQ.) MEDIANTE ADUBAÇÃO NITROGENADA

Natalino Mendes Rasquinho

Orientador: Dr. Valdinei Tadeu Paulino
Co-orientadora: Drª Keila Maria Roncato Duarte

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação do Instituto de Zootecnia, APTA/SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Produção Animal Sustentável.

Nova Odessa
Janeiro, 2012

Ficha elaborada pelo
Núcleo de Informação e Documentação do Instituto de Zootecnia
Bibliotecária responsável – Ana Paula dos Santos Galletta - CRB8/7166

R227c Rasquinho, Natalino Mendes

Características morfofisiológicas, nutrição e valor nutricional do Capim-Aruana (Panicum Maximum, Jacq.) mediante adubação nitrogenada / Natalino Mendes Rasquinho. Nova Odessa - SP, 2012.

94p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Zootecnia. APTA/SAA.
Orientador: Dr. Valdinei Tadeu Paulino.

1. Capim. 2. Plantas forrageiras. 3. Adubação nitrogenada. I. Paulino, Valdinei Tadeu. II. Título.

CDD 633.2

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO

AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS, NUTRIÇÃO E VALOR NUTRICIONAL DO CAPIM-ARUANA (*PANICUM MAXIMUM*, JACQ.) MEDIANTE ADUBAÇÃO NITROGENADA

NATALINO MENDES RASQUINHO

Orientador: Dr.Valdinei Tadeu Paulino

Co-orientadora: Drª Keila Maria Roncato Duarte

Aprovado como parte das exigências para obtenção de título de MESTRE em Produção Animal Sustentável, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Valdinei Tadeu Paulino
Instituto de Zootecnia – APTA/SAA

Drª. Cristina Maria Pacheco Barbosa
UPD – Itapetininga – APTA/SAA

Dr. Edison Valvassori
Instituto de Zootecnia – APTA/SAA

Data da realização: 20 de Janeiro de 2012

Presidente da Comissão Examinadora

Prof. Dr. Valdinei Tadeu Paulino

DEDICATÓRIA

À minha esposa Adriana Pires, pelo seu amor, carinho, dedicação e compreensão, por compartilhar do meu aprendizado, por vibrar pelas minhas alegrias e me apoiar nos momentos não tão alegres.

À minha "sogra-mãe" D. Olga Pires por compartilhar das minhas preocupações, pela sua bondade, carinho e apoio que me fortaleceu nesta caminhada.

Às minhas cunhadas Eliane, Fabiana e Gisele pelo carinho dedicado por ouvir detalhes de projetos tão diferentes de suas áreas, mas sempre com certa curiosidade e respeito.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Zootecnia (IZ), pela disponibilidade do curso de Mestrado em Produção Animal Sustentável e a todos os professores do programa.

Ao Professor Dr. Valdinei Tadeu Paulino, pela orientação, esforço e dedicação. Pela vibração de um pesquisador que após anos de pesquisa, continua vislumbrado pelos resultados obtidos.

À Drª Keila Maria Roncato Duarte, coordenadora do curso de mestrado e co-orientadora deste projeto. Agradeço imensamente pelo apoio e esclarecimento no momento de transição de projetos, pela compreensão, pelos conselhos, pela convivência harmoniosa que sempre procurou promover no meio acadêmico.

Ao Dr. José Lavres Júnior, docente da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, por disponibilizar o laboratório e sua equipe no CENA, e conduzir a realização das análises da Redutase do Nitrato, RNO_3^-) e Atividade da enzima urease das lâminas foliares do capim-Aruana.

À Drª Rosana Possenti, por disponibilizar o Laboratório de Bromatologia para que eu pudesse realizar as análises da qualidade da forrageira estudada. Agradeço a fabulosa equipe do laboratório de bromatologia, Patricia Braz, Carmem, Neuza e Lindaura, aos estagiários Anderson e Adna. Obrigado a vocês pela compreensão, ajuda, orientação e amizade, e pela harmonia de trabalho que vocês promovem.

À Drª Joslaine Noely dos Santos Gonçalves Cyrillo da unidade de Sertãozinho pela realização das análises estatísticas dos dados. Obrigado pelo atendimento compreensivo que nos foi proporcionado no momento de precisão.

Ao Antonio Marco Pigatto (Marcão) por compartilhar seus conhecimentos práticos. Pela sua dedicação, conselhos e amizade, e acima de tudo a boa vontade em ajudar.

Às colegas de mestrado Alline Mariá Schumann e Karen Marques dos Santos pelo comprometimento, seriedade nas coletas dos dados, e todo apoio dedicado neste projeto. Muitíssimo obrigado "meninas" por compartilhar com seus conhecimentos, amizade e por disponibilizar seus momentos de estudo nesta grande ajuda.

A Edna Zulian responsável pela Biblioteca do Instituto de Zootecnia. Pela sua atenção, paciência e disponibilidade em ajudar, principalmente nos momentos que mais precisei.

Não posso deixar de agradecer a equipe do setor de ovinos, Joaquim do Nascimento, Paulo Pereira dos Santos e João Alberto Zuca que desde o início das minhas atividades no IZ tiveram grandes participações na manutenção de projetos que desenvolvi naquele setor. Muito obrigado a vocês pela amizade, pelas brincadeiras que muitas vezes me descontraiu e me manteve firme em meu objetivo principal “o mestrado”.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS xiii

LISTA DE FIGURAS xv

RESUMO xvii

ABSTRACT xix

1. INTRODUÇÃO 1

2. REVISÃO DE LITERATURA 4

2.1 O gênero *Panicum*..... 4

2.2 Capim-Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana)..... 5

2.3 A importância da adubação nitrogenada no sistema solo-planta-animal..... 6

2.4 Adubação nitrogenada e sua influência nas forragens..... 9

2.5 O nitrogênio na morfogênese..... 11

2.6 Transportes do nitrogênio na planta..... 14

2.7 Absorção e assimilação do nitrogênio nas raízes e folhas..... 15

2.8 Avaliações do estado nutricional da gramínea forrageira..... 17

2.8.1 Clorofila..... 18

2.8.2 Participação da fotossíntese na produção de gramíneas forrageiras. 20

2.8.3 Bradford – Determinação de proteínas totais..... 21

2.9 Atuações da urease no desdobramento da ureia..... 22

3. MATERIAL E MÉTODOS..... 25

3.1 Localização e período experimental..... 25

3.2 Solo estudado..... 26

3.3 Delineamento experimental e tratamentos..... 27

3.4 Avaliações..... 29

3.4.1 Determinações do material vegetal..... 29

3.4.1.1 Produção de biomassa seca..... 29

3.4.1.2 Densidade populacional de perfilhos..... 29

3.4.1.3 Área foliar..... 29

3.4.1.4 Atividade da nitrogenase (Redutase do Nitrato, RNO_3^-)..... 30

3.4.1.5 Atividade da enzima urease..... 30

3.4.1.6 Determinação do teor de nitrato nas lâminas foliares..... 30

3.4.1.7 Estimativa do teor de clorofila *a* e *b* e carotenóides..... 30

3.4.1.8 Estimativa do teor de clorofila através de unidades SPAD..... 31

3.4.1.9 Determinação de proteínas solúvel..... 31

3.4.2. Avaliação bromatológica da parte aérea..... 31

3.4.2.1 Concentrações de nitrogênio total..... 32

3.4.2.2 Recuperação aparente do nitrogênio..... 32

3.5 Análises estatísticas..... 33

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 34

4.1 Biomassa seca da parte aérea do capim-Aruana..... 34

4.2 Produção de biomassa nas lâminas foliares..... 36

4.3 Produção de biomassa seca dos pseudocolmos..... 37

4.4 Relação folha/pseudocolmo..... 39

4.5 Densidade populacional de perfilhos..... 41

4.6 Características morfológicas – Comprimento e largura das folhas..... 42

4.7 Área foliar..... 43

4.8 Atividade da Redutase do Nitrato, RNO_3^-..... 44

4.9 Atividades da enzima urease..... 46

4.9.1 Determinação do teor de nitrato nas lâminas foliares..... 47

4.9.2 Teores de clorofila *a* e *b* nas lâminas foliares..... 49

4.9.3 Estimativas do teor de clorofila através de unidades SPAD..... 51

4.9.4 Análise de correlação simples entre as variáveis estudadas 53

4.9.5 Concentração de proteínas solúvel..... 55

4.9.6 Valores bromatológicos da parte aérea do capim-Aruana..... 56

4.9.7 Extração e Recuperação de N (lâminas foliares e pseudocolmo)..... 66

4.9.8 Composição química do solo..... 70

4.9.9 Micronutrientes presentes no solo após o cultivo..... 70

4.9.9.1 Efeito do nitrogênio na acidificação do solo..... 71

5. CONCLUSÕES 74

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química do solo da camada de 0 a 20 cm coletado no Centro de Gado de Corte em Sertãozinho..... 27

Tabela 2- Micronutriente presente no solo coletado no Centro de Gado de Corte em Sertãozinho..... 27

Tabela 3- Adubação básica realizada no solo, na forma de solução nutritiva..... 28

Tabela 4- Produção de biomassa seca (BS) (g/vaso) da parte aérea do capim-Aruana em função das doses e fontes de N (ureia e ureia + NPBT). Dados do 1º, 2º e 3º cortes..... 35

Tabela 5- Produção de biomassa seca (g/vaso) das lâminas foliares (BSL) do capim-Aruana em função das doses e fontes de N (ureia e ureia + NPBT). Dados do 1º, 2º e 3º cortes..... 36

Tabela 6- Produção de biomassa seca (g/vaso) dos pseudocolmos (BSP) do capim-Aruana em função das doses e fontes de N (ureia e ureia + NPBT). Dados do 1º, 2º e 3º corte..... 38

Tabela 7- Relação lâmina/pseudocolmo do capim-Aruana em função das doses e fontes de N. (Ureia e Ureia + NPBT) Dados do 1º e 2º corte. 40

Tabela 8- Número de perfilhos totais do capim-Aruana em função das doses e fontes de N. (Ureia e Ureia + NPBT) Dados do 1º e 2º corte. Média de três repetições..... 41

Tabela 9- Comprimento de lâminas foliares (cm/vaso) e largura de lâminas (mm/vaso) do capim-Aruana em função das doses e fontes de N. (Ureia e Ureia + NPBT) Dados do primeiro corte. Média de três repetições..... 43

Tabela 10- Análise de correlação simples (r) entre as variáveis avaliadas no capim-Aruana..... 54

Tabela 11- Teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) das lâminas foliares e pseudocolmo do capim-Aruana no 1º corte. Fontes de ureia e ureia + NPBT..... 63

Tabela 12- Teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) das lâminas foliares e pseudocolmo do capim-Aruana no 2º corte. Fontes de ureia e ureia + NPBT..... 64

Tabela 13- Teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) das lâminas foliares e pseudocolmo do capim-Aruana no 3º corte. Fontes de ureia e ureia + NPBT..... 65

Tabela 14 - Composição química do solo original, após o cultivo do capim-Aruana..... 70

Tabela 15 – Micronutrientes presente no solo após o cultivo..... 71

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Representação esquemática da relação entre características morfogênicas e estruturais da pastagem..... 12

FIGURA 2- Representação esquemática da rota de assimilação do N nas raízes e folhas de plantas..... 16

FIGURA 3- Reação de hidrólise de uréia catalisada pela urease..... 22

FIGURA 4- Vista aérea do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa – São Paulo, Brasil..... 25

FIGURA 5- Vista parcial do experimento em condições controladas de casa-de-vegetação..... 26

FIGURA 6- Valores de área foliar para o capim-Aruana em função de doses..... 44

FIGURA 7- Atividade da redutase do nitrato (RN) µmol NO_2^- g^{-1}/h^{-1}) em função das doses e fontes de N (ureia e ureia + NBPT) nas laminas foliares de capim-Aruana..... 45

FIGURA 8- Atividade da urease (µmol N-$NH4^+$ g^{-1} h^{-1}) em função das doses e fontes de N (ureia e ureia + NBPT) nas laminas foliares de capim-Aruana..... 47

FIGURA 9- Determinação do teor de nitrato pelo método Quantofix® - mg/L NO_3^-..... 48

FIGURA 10- Conteúdos de clorofila *a* e *b* nas lâminas foliares com aplicação de ureia exclusiva..... 50

FIGURA 11- Conteúdos de clorofila *a* e *b* nas lâminas foliares com aplicação de ureia + NPBT..... 50

FIGURA 12- Leituras do valor SPAD do capim-Aruana em função das doses e fontes de N. (Ureia e Ureia + NPBT) Dados do primeiro corte. Média de quatro repetições..... 52

FIGURA 13- Leituras do valor SPAD do capim-Aruana em função das doses e fontes de N. (Ureia e Ureia + NPBT) Dados do segundo corte. Média de quatro repetições..... 52

FIGURA 14 - Teor de proteína solúvel nas lâminas foliares (mg/ml/matéria verde) em função das doses e fontes de N – Ureia e ureia + NPBT, dados do segundo corte..... 55

FIGURA 15- Extração de N nas lâminas foliares (mg kg^{-1})..... 69

FIGURA 16- Extração de N nos pseudocolmos (mg kg^{-1})..... 69

FIGURA 17- Recuperação de N nas lâminas foliares (mg kg^{-1})..... 69

FIGURA 18- Recuperação de N nos pseudocolmos (mg kg^{-1})..... 69

FIGURA 19 - Valores de pH após o cultivo do capim-Aruana, em função das doses e fontes de nitrogênio..... 71

FIGURA 20 - Valores de saturação por base após o cultivo do capim-Aruana, em função das doses e fontes de nitrogênio..... 73

RESUMO

Características morfofisiológicas, nutrição e valor nutricional do capim-Aruana (*Panicum maximum*, Jacq.) mediante adubação nitrogenada.

O uso de fertilizantes nitrogenados é uma forma efetiva de repor o nitrogênio ao sistema solo-planta e garantir a sustentabilidade da produção animal, além de contribuir com a preservação do meio ambiente. Por outro lado, o nitrogênio tem baixa eficiência no sistema solo-planta-animal, devida suas perdas de NH_3 por volatilização e pelo processo de lixiviação que ocorre com o excesso de umidade. Tendo em vista que o nitrogênio é o mais importante nutriente das gramíneas forrageiras, e que este elemento está diretamente ligado a síntese do metabolismo estrutural e nutritivo da planta, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características morfofisiológicas, nutrição e valor nutricional do capim-Aruana (*Panicum maximum*, Jacq.) mediante adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto de Zootecnia em Nova Odessa, Estado de São Paulo, no período de abril de 2011 a julho de 2011. O delineamento foi organizado em blocos completos casualizados, com quatro repetições em esquema fatorial 2 x 4, onde foram estudadas o uso de ureia e ureia contendo inibidor da urease (NPBT - tiofosfato de N-n-butil triamida). A aplicação do nitrogênio foi realizada em doses crescentes (0, 75, 150 e 225 mg dm^3, após 15 dias da semeadura, 0, 25, 50 e 75 mg dm^3, após o primeiro corte e 0, 50, 100 e 150 mg dm^3, após o segundo corte, totalizando o correspondente a 0, 150, 300 e 450 kg ha^{-1}). Foram realizados três cortes nas plantas, após o terceiro corte foi coletada uma amostra de solo de cada unidade experimental. Os resultados mostraram que a adubação nitrogenada proporciona melhorias consideráveis na planta, contribuindo positivamente para o aumento das variáveis relacionadas ao crescimento, como a produção de biomassa seca e número de perfilhos. Além disso, as leituras realizadas nas lâminas foliares para avaliar as diversas atividades bioquímicas que ocorrem nas plantas, mostraram-se positivas com o aumento das aplicações da ureia. Os ganhos nos conteúdos nutritivos da gramínea também foi um benefício evidenciado neste estudo, sobretudo no teor de proteína bruta, o que confirma os dados citados na literatura sobre a eficiência deste elemento na melhoria nutritiva das plantas forrageiras. Entretanto, o uso da ureia contendo inibidor da urease não revelou ser eficiente na cultura do capim-Aruana, neste estudo realizado em um solo de alta fertilidade natural.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, biomassa, inibidor da urease, ureia

ABSTRACT

Morphophysiological characteristics, nutrition and nutritional value of Aruana grass (*Panicum maximum*, Jacq.) by nitrogen fertilization.

The use of nitrogen fertilizer is an effective way to restore nitrogen to the soil-plant system and ensure the sustainability of animal production, and contribute to the preservation of the environment. On the other hand, nitrogen has low efficiency in the soil-plant-animal, because of their losses by NH3 volatilization and leaching process that occurs with excessive moisture. Since nitrogen is the most important nutrient of grasses, and that this element is directly linked to the synthesis of structural and nutritional metabolism of the plant, the objective of this study was to evaluate the specifications of morphophysiological, nutrition and nutritional value of grass Aruana (*Panicum maximum*, Jacq.) by nitrogen fertilization. The experiment was carried out in a greenhouse at the Institute for Animal Science in Nova Odessa, State of São Paulo, from April 2011 to July 2011. The experiment was arranged in randomized complete block design with four replications in a factorial 2 x 4, where we studied the use of urea and urea containing urease inhibitor (NPBT - tiofosfato of Nn-butyl triamide). The application of nitrogen was carried out in increasing doses (0, 75, 150 and 225 mg dm3, 15 days after sowing, 0, 25, 50 and 75 mg dm3, after the first cut and 0, 50, 100 and 150 mg dm3 after the second cut, totaling the equivalent of 0, 150, 300 and 450 kg ha^{-1}). There were three cuts in the plants after the third section was collected a soil sample from each experimental unit. The results showed that nitrogen provides considerable improvements in the plant, contributing positively to the increase of the variables related to growth, as the production of biomass and number of tillers. In addition, the readings taken in the leaf blades to assess the various biochemical activities that occur in plants were positive with increasing applications of urea. The gains in nutritional content of grass was also a benefit demonstrated in this study because, especially in the crude protein content, which confirms the data reported in the literature on the effectiveness of this element in improving nutritious forages. However, the use of urea containing urease inhibitor not found to be effective in culture aruana grass in this study in a soil of high fertility.

Key words: nitrogen fertilization, urea, urease inhibitor

1. INTRODUÇÃO

A produção pecuária no Brasil é baseada em sua grande maioria na forragem produzida e ofertada pelas pastagens, sendo elas nativas ou cultivadas. Certamente é uma vantagem competitiva e um diferencial significativo em relação a outros países produtores de carne bovina. De acordo com o levantamento de áreas de pastagem do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE, a ocupação das pastagens cultivadas no território brasileiro já ultrapassa 170 milhões de hectares, caracterizando o sistema extensivo da pecuária brasileira. Entretanto, este regime de ocupação é marcado pela baixa adoção de tecnologias empregadas na maioria das propriedades rurais. Porém, o comportamento de utilização das pastagens, muitas vezes de forma extrativista, determina alterações ambientais desfavoráveis à capacidade produtiva das pastagens, comprometendo a sustentabilidade da atividade pecuária.

A exploração da pecuária extrativista é embasada exclusivamente na produtividade, sem ponderar as consequências da instabilidade ambiental e do sistema agropecuário. A baixa produtividade da pecuária brasileira, estando relacionada à baixa produtividade das pastagens, reflete em um grande desafio para o setor em preservar o meio ambiente e contribuir para o desenvolvimento sustentável. Contudo, apesar de serem a base da pecuária nacional, as áreas pastoris têm apresentado um declínio

proeminente em sua capacidade produtiva em decorrência dos processos de degradação, esta realidade pode limitar ou inviabilizar a atividade criatória. Diante deste cenário, nas últimas décadas, houve a exploração indiscriminada de áreas florestais em decorrência da ampliação da fronteira pecuária, contribuindo com os agentes causadores das mudanças climáticas. As preocupações sobre meio ambiente e pecuária devem buscar estabelecer sistemas de produção em bases sustentáveis, para que a pecuária possa ser socialmente benéfica, economicamente viável e ambientalmente adequada para que as melhorias conquistadas sejam benéficas para todos.

Estudos têm demonstrado que grandes áreas de pastagens no Brasil estão seriamente comprometidas devido à degradação decorrente do mau uso do solo. Até mesmo as mídias impressas ou televisivas têm relatado o descaso dos produtores em recuperar áreas que em certas ocasiões proporcionaram ganhos satisfatórios com a criação de gados. O excesso de animais por área e a falta de reposição de nutrientes ao solo são uns dos principais motivos da degradação. O superpastejo promove a compactação do solo, deixando-o exposto as intempéries da natureza que por sua vez comprometerá a integridade do sistema. Além disso, as plantas precisam retirar do solo os nutrientes necessários para a sua sobrevivência. Daí a importância do manejo correto das pastagens, promovendo melhorias não só na conservação de áreas estáveis, mas na recuperação de outras que não permitem a evolução produtiva do rebanho. E a reposição de nutrientes é um fator de grande valia neste processo, visto que as estratégias de adubação contribuem para maior produção de matéria seca por área. A devolução ao solo, daquilo que as plantas retiraram, do que foi lixiviado ou perdido por volatilização, denitrificação e outros processos, possibilitam a manutenção do sistema solo-planta-animal.

É de conhecimento geral que a adubação nitrogenada promove melhorias nas pastagens, seja para implantação de novas áreas, manutenção ou recuperação, este elemento tem fundamental importância na produtividade de gramíneas forrageiras. Por outro lado, ressalta-se que as perdas ocorridas com o uso deste fertilizante têm alcançado patamares superiores a 50%, o que de fato torna o seu uso muito oneroso para os produtores em geral. O nitrogênio (N) é um gás altamente volátil, e a ureia, muito utilizada na agricultura, contém 46% de N, seu contato com a umidade do solo ocorre a hidrólise devido à participação da enzima urease, esta enzima acelera o processo transformando a ureia em amônio e dióxido de carbono, podendo ser lixiviados ou

volatilizados. De acordo com pesquisas recentes, um modo de diminuir estas perdas e aumentar a eficiência do uso da ureia é a aplicação da adubação nitrogenada com o uso de inibidores da enzima urease, objetivando retardar a quebra da ureia, incorporando-a lentamente ao solo. Um dos inibidores empregados nestas pesquisas é o tiofosfato de N-n-butil triamida (NBPT).

Contudo, estudos realizados no Brasil e no exterior mostram que o NBPT não controla completamente as perdas de amônia (NH_3), este desempenho depende de condições ambientais e das características físico-químicas do solo. Considerando a tecnologia disponível no mercado brasileiro para melhorias no aproveitamento da adubação nitrogenada, este trabalho teve como objetivo avaliar as características morfofisiológicas, nutrição e valor nutricional do capim-Aruana (*Panicum maximum*, Jacq) mediante adubação nitrogenada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O gênero *Panicum*

A espécie *Panicum maximum* sempre esteve em destaque no Brasil por ser uma forrageira altamente produtiva, de ótima qualidade e adaptada a várias regiões do país. Os primeiros exemplares dessa espécie introduzidos no Brasil vieram da África Ocidental nos navios negreiros, onde eram utilizados como cama para os escravos, e uma vez aqui, se alastraram rapidamente, dando origem à primeira cultivar, o Colonião (JANK, 2001). Segundo a autora, a grande revolução na pesquisa no lançamento de várias cultivares aconteceu no início da década de 80, quando a França disponibilizou 426 introduções para o Brasil da sua coleção proveniente de várias regiões do continente Africano.

O *Panicum* é um dos maiores e um dos principais gêneros da família *Poaceae*. Segundo Watson e Dallwitz (1998) na atual classificação existem aproximadamente 370 espécies. Na classificação taxonômica do botânico Jussieu (1789), *Panicum* é o nome de um gênero botânico, ordem Gramineae. No Brasil as principais cultivares do gênero são: Colonião; cv Tobiatã; cv. Vencedor; cv. Tanzânia; cv. Mombaça; cv. Green-Panic; cv. Massai; cv. Aruana; cv. Aries e cv. Guiné-Capim-Colonião.

O gênero *Panicum* é uma gramínea perene de crescimento cespitoso, forma touceiras com largura média de 1m e muito densas, que podem apresentar-se tombadas quando muito desenvolvidas, atinge em média de 2,5 - 3,0m de altura. As folhas são largas com coloração verde azulada e inflorescência aberta, de cor verde clara. Normalmente apresenta elevada exigência em temperatura e umidade, desenvolvendo bem em locais com precipitação superior a 800 mm (JANK, 2001). O clima tropical do Brasil possibilita o bom desenvolvimento dessa espécie por ser altamente exigente em luminosidade, sendo que 80% da produção ocorre no período primavera-verão. Além disso, suas características agronômicas evidenciam o requerimento por solos de elevada fertilidade, com preferência para os arenosos. Não é tolerante a geada e encharcamento do solo, mas é muito resistente à seca e ao frio e sua capacidade de suporte fica em média 3,0 a 4,0 UA/ha (SOARES FILHO, 2010).

2.2 Capim-Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana)

O capim-Aruana (*Panicum maximum* cv. Aruana) é cultivar do Colonião proveniente da África, foi introduzido no Instituto de Zootecnia de Nova Odessa em 1974, sendo avaliado e lançado em 1995. É um capim cespitoso de porte médio, alcançando cerca de 80 cm de altura. As folhas são estreitas de cor verde escuro e a inflorescência é uma panícula pequena, com as espiguetas de menor tamanho que o Colonião. Entretanto, apresenta um número de perfilhos superior ao seu descendente, principalmente no inverno, com maior relação de haste/folha. No entanto, os colmos têm um consumo maior pelos animais por serem finos e tenros (SANTOS et al., 1998).

O capim-Aruana, enquadra-se também na faixa dos capins mais exigentes. Pode ser cultivado em áreas com precipitação pluviométrica anual acima de 900 mm e em solos que apresentem um índice de saturação por bases acima de 60% e 10mg/dm³ de P. Produz entre 15 e 26 toneladas de MS/ha/ano, sendo 40% no período seco do ano. Apresenta uma boa capacidade de perfilhamento, apresentando grande quantidade de gemas basais rebrotando após o pastejo. Tem uma boa cobertura de solo, competindo bem com invasoras. É bastante palatável para todas as espécies, suporta inclusive, o pastejo baixo dos ovinos e equinos. A arquitetura de suas lâminas facilita o controle de verminoses foliar, promovendo o melhor controle de verminoses em ovinos. Esta variedade é utilizada no sistema de produção de ovinos do Instituto de Zootecnia de Nova Odessa, SP, proporcionando lotações de 35 ovinos adultos/ha, o que corresponde

a 7 UA/ha. Além disso, o plantio pode ser feito através de semente ou mudas (SANTOS et al., 1998).

2.3 A importância da adubação nitrogenada no sistema solo-planta-animal

O manejo racional das pastagens e o uso consciente de nutrientes que preconize a eficiência na produção de gramíneas forrageiras de qualidade, pode representar maior produtividade, sem que haja necessidade da expansão territorial para implantação de novas áreas de exploração pecuária. Mesmo porque, países com maior competitividade econômica na produção pecuária, são aqueles cujos sistemas de produção têm como base as pastagens (NASCIMENTO Jr. 2002). Mas, para que as pastagens possam atingir os níveis de produtividade desejados, é fundamental que estes pastos sejam devidamente fertilizados e manejados de forma que permitam altos níveis de produção e melhorias nas condições físico-químicas do solo.

A área de pastagem ocupada no Brasil é sem dúvida imponente e reflete a posição de destaque da produção de carne no cenário mundial. Apesar da baixa conservação das pastagens, as gramíneas do gênero *Brachiaria* têm larga disseminação em todo o território nacional com grande participação na cadeia produtiva, ocupando cerca de 85% da área destinada às pastagens (AGUIAR, 2011). Entretanto, as gramíneas do gênero *Panicum* são largamente reconhecidas em virtude de seu grande potencial de produção de matéria seca por unidade de área, ampla adaptabilidade, boa qualidade nutricional e facilidade de estabelecimento (SOARES FILHO, 2010). Ainda, considera-se que a espécie *Panicum* é mais tolerante ao sombreamento que as do gênero *Brachiaria* (MARTUSCELLO et al., 2009). As tecnologias destinadas à produção de espécies do gênero *Panicum* facilitam o desenvolvimento e melhoramento de novas cultivares com maior capacidade de adaptação às condições de solos e clima, associado a uma exploração consciente dessas espécies, promovendo a reposição de nutrientes ao solo e através de manejo adequado, proporcionando uma exploração animal economicamente lucrativa e sustentável (LUCENA, 2011).

Os elementos químicos presentes no sistema solo-planta-animal exercem funções essenciais para o normal funcionamento desse sistema. Sobretudo, o estabelecimento e a produtividade das plantas forrageiras que são diretamente influenciados pela disponibilidade de nutrientes, especialmente no solo. Os ruminantes

têm um importante papel na movimentação de nutrientes minerais nesse sistema. Os nutrientes sofrem ciclagem dentro do ecossistema da pastagem e a disponibilidade deles nos vários segmentos desse ciclo influenciam a produtividade da pastagem e conseqüentemente o desempenho dos animais (GOMIDE, 1989). Por este motivo a importância da devolução ao solo, daquilo que as plantas retiraram.

Neste contexto, o nitrogênio é o elemento exigido pelas culturas em geral mais que qualquer outro nutriente, sendo o principal componente para obtenção de altas produtividades. Embora as gramíneas forrageiras tropicais não possuam qualidade nutricional comparável à de gramíneas de clima temperado, seu elevado potencial de produção de matéria seca pode resultar em alta produtividade animal. Para que as gramíneas expressem esse potencial, a aplicação de adubo nitrogenado é um dos fatores mais importantes (CORRÊA et al., 2007), visto que, o nitrogênio do solo, procedente da mineralização da matéria orgânica, não é satisfatório para atender a demanda das gramíneas de alto potencial de produção (GUILHERME et al., 1995). Fagundes et al. (2006) ao estudarem os teores de nitrogênio no solo cultivados com capim-braquiária, verificaram que este elemento não atende à demanda das gramíneas, porém, quando feita adubação nitrogenada, foram observadas grandes alterações na taxa de acúmulo de matéria seca da forragem ao longo das estações do ano.

Visando o avanço em produtividade e competitividade na cadeia produtiva pecuária, diversas alternativas tecnológicas têm sido propostas e, dentre elas, a utilização da adubação nitrogenada de pastagens tem assumido posição de destaque (COAN e REIS, 2011). Tendo em vista que o nitrogênio é o mais importante nutriente das gramíneas forrageiras, este elemento está diretamente ligado ao desenvolvimento dos perfilhos, ao tamanho das folhas, tamanho dos colmos e com a quantidade e qualidade da proteína bruta (PB) ingerida pelo animal. A deficiência de nitrogênio pode ser evidenciada quando o capim apresenta coloração das folhas de verde pálido a amarelado, crescimento vagaroso, florescimento retardado, pouco perfilhamento e sistema radicular pouco desenvolvido (WERNER, 1986).

Com o aumento da disponibilidade de forragem e mediante o manejo racional das pastagens, tem-se a garantia da melhor qualidade nutritiva do pasto, sendo possível o aumento da taxa de lotação animal sem prejudicar a produção pecuária. Embora o uso de fertilizantes nitrogenados seja uma forma efetiva de repor o nitrogênio ao sistema e, potencialmente garantir a sustentabilidade do sistema de produção, sua adoção pelos

pecuaristas ainda é limitada diante dos benefícios gerados pela sua utilização. Entretanto, do ponto de vista agrícola, a eficiência do uso deste nutriente traz diversas vantagens quando aplicadas adequadamente (LOPES e GUILHERME, 2000), podendo gerar uma eficiência de mais de 80% na recuperação do nitrogênio (CORSI, 1984). Para tanto, alguns fatores importantes que evidenciem sua eficácia devem ser reportados, tal como a disponibilidade do fertilizante no local; a atuação de outros nutrientes na composição; a dose ideal a ser aplicada; a forma de aplicação do nutriente em culturas anuais ou perenes; as condições de solo, umidade, tipo de argila, textura, compactação, pH; as condições de clima; cultura; entre outras (LOPES e GUILHERME, 2000). Por outro lado, as formas químicas com que os adubos nitrogenados se apresentam, pode determinar a transformação do nitrogênio na dinâmica do solo (BONO et al., 2008) e suas perdas que ocorrem através de processos de mineralização, nitrificação e desnitrificação, lixiviação e perdas de NH_3 por volatilização (PRIMAVESI et al., 2004), ocorrida principalmente na aplicação da ureia.

Embora seja maior a utilização da ureia pelo fácil acesso no mercado brasileiro, o emprego deste elemento tem apresentado menor eficiência que outras fontes de nitrogênio para um grande número de culturas em diferentes solos e climas (BONO et al., 2008). Entretanto, a ureia é uma das principais fontes de nitrogênio utilizada, devido a sua elevada concentração de N (46%), pois do ponto de vista econômico a ureia é superior quando comparada a outras fontes, é de fácil manipulação e causa menor acidificação no solo (PRIMAVESI et al., 2004).

Esta fonte de nitrogênio apresenta-se na forma amídica, que no solo é transformado na forma amoniacal (NH_4^+) pela ação de uma enzima presente no solo conhecida como urease (CANTARELLA e MARCELINO, 2008; BONO, et al., 2008). Segundo Urban et al. (1987) as perdas de N podem ser mais significativas quando o fertilizante é aplicado em solos cobertos com resíduos vegetais, tendo como referência as pastagens e áreas de plantio direto. Normalmente, a ureia aplicada pode ser rapidamente hidrolisada em dois ou três dias. Contudo, dependendo do pH do solo, qualquer adubo que contenha N amoniacal está sujeito a perdas de N por volatilização de NH_3 (MATTOS JUNIOR et al., 2002), principalmente quando aplicados em solos alcalinos. Porém, segundo Cantarella e Marcelino (2008), mesmo em solos ácidos a ureia está sujeita a perdas de N por volatilização de NH_3, devido a elevação do pH ao redor das partículas em decorrência da reação da hidrólise que consome prótons (H^+).

No solo, a ureia é hidrolisada pela ação da urease, uma enzima extracelular produzida por bactérias e fungos ou dos restos vegetais (DUARTE, et al., 2007), porém, a eficiência da hidrólise está em função das condições edafoclimáticas, estando a atividade da urease diretamente dependente da umidade do solo (CANTARELLA et al., 2003). Entretanto, a atividade da urease é maior em plantas e resíduo vegetal, do que em solo (CANTARELLA, 2007).

2.4 Adubação nitrogenada e sua influência nas forragens

É evidente que os gastos com a alimentação perfazem um dos maiores custos da produção pecuária, e que as dietas sejam formuladas para otimizar a produtividade animal. Para animais produzidos a pasto, isto pode ser alcançado pelo manejo pastoril e adubação do solo. Ressalta-se, que para ser competitivo o sistema deverá ser capaz de, inicialmente, possibilitar a ampliação da capacidade de suporte das pastagens (EUCLIDES, 2001). Além disso, os pecuaristas necessitam planejar sistemas de exploração de pastagens cada vez mais intensivos (CORSI e NUSSIO, 1992). Até porque, anualmente, semeiam-se cerca de 5,5 milhões de hectares para formação de pastagem, quer na forma de renovação ou de formação (ZIMMER e EUCLIDES, 2000). Ao contrário de concentrados, a composição química da forragem varia de acordo com idade fisiológica, tempo de pastejo ou colheita, variedade, espécie, grau de contaminação e fração botânica. Para que a pastagem desenvolva ativamente sua capacidade produtiva e reprodutiva, é necessário práticas de adubação que possibilite sua evolução.

Desta forma, o nitrogênio (N) que compõe aproximadamente 80% da atmosfera, é um reservatório praticamente inesgotável, dado os processos contínuos de desnitrificação que reabastecem a atmosfera. Entretanto, as plantas não podem absorvê-lo diretamente do ar na forma do gás N_2. Por via de regra, o nitrogênio passa da forma orgânica para a forma mineral, uma vez que as plantas reconhecem o elemento assimilável nas formas amoniacais (NH_4^+) ou nítricas (NO_3^-) que são metabolizadas visando à construção de biomassa. Neste sentido, é imprescindível conhecer os fatores que beneficiam a mineralização do nitrogênio na solução do solo, como a temperatura que deve estar em torno de 30º C; umidade, entre 50 a 60% da capacidade de retenção; solo arejado; pH >6,0; relação C/N de resíduo vegetal <20/1, para que possa favorecer maior absorção pela planta (PRADO, 2008).

É um elemento essencial e necessário para a planta crescer, especialmente para forragens. E a resposta a adubação nitrogenada é evidenciada em vários trabalhos, (CECATO et al., 2001; VUOLO, 2006; CORRÊA et al., 2007; ROMA, 2009; COSTA et al., 2009; LUCENA, 2011. O estudo do nitrogênio na planta é importante para conhecer como ocorre a transformação deste elemento químico em produtos orgânicos, e qual a sua participação no processo de desenvolvimento produtivo. Isto pode ajudar na avaliação do estado nutricional da planta e as suas implicações nas características agronômicas da cultura. Este elemento é importante em muitos processos fisiológicos que ocorrem nas plantas como a clorofila, síntese de proteínas, fotossíntese, utilização de luz solar, a absorção de nutrientes, produção de vitaminas, síntese de aminoácidos e, juntamente com o fósforo em sistemas de energia. Além da respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de outros nutrientes, crescimento, diferenciação celular e genética (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000). A ausência de nitrogênio e clorofila irá significar que a planta não poderá utilizar a luz do sol como fonte de energia para as suas funções essenciais como absorção de nutrientes.

Nas lâminas o nitrogênio está nos cloroplastos como constituinte da molécula de clorofila. Cerca de 75% do N foliar está nos cloroplastos participando também da síntese de vitaminas, hormônios, coenzima, alcalóides, hexosaminas e outros compostos. Sua falta pode afetar diretamente a fotossíntese, por meio de efeitos na síntese e atividade da enzima Rubisco, responsável pela assimilação do CO_2 (MAKINO et al., 1984). Se as forragens não têm nitrogênio o bastante, podem ficar atrofiadas com crescimento lento, com menor desenvolvimento de perfilhos e diminuindo a produção de matéria natural no pasto. Este evento poderia ser evitado devido à quantidade de matéria orgânica encontrada nos solos, pois, na natureza, a fonte de nitrogênio encontra-se sobre a forma orgânica, mas, para que fique disponível e assimilável à planta, é necessário que se decomponha através da ação de microrganismos, e este processo é muito lento, sendo insuficiente no período de maior crescimento da cultura, ocasião da primavera-verão. Por outro lado, no inverno, na ausência de calor e umidade, a decomposição da matéria orgânica reduz drasticamente chegando a cessar este processo, neste período ocorre a deficiência de nitrogênio, mesmo em solos ricos em matéria orgânica (WERNER, 1986).

2.5 O nitrogênio na morfogênese

Os ecossistemas das pastagens são muito complexos e são constantemente modificados pelas atividades do homem e dos animais manejados por ele. E o sucesso na exploração das pastagens está sujeito não só na escolha da espécie forrageira e na disponibilidade de nutrientes, mas, em toda a estrutura formadora das características do dossel forrageiro que compreende no volume de massa disponível a alimentação animal. Sendo o manejo, um dos fatores fundamentais para o crescimento e a manutenção da capacidade de suporte da pastagem (FAGUNDES et. al., 2006).

É importante compreender os fatores que interferem na estrutura das plantas forrageiras, pois, para que os pastos estejam em condições adequadas de pastejo, devem apresentar condições satisfatórias de número de perfilhos e folhas, para a maximização da sua produção e do seu uso (ANDRADE, 2009). Dessa forma, torna-se relevante o conhecimento da dinâmica de produção das gramíneas forrageiras por meio de avaliações das características estruturais, por possibilitarem o estudo do crescimento vegetal (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

As características estruturais das pastagens são influenciadas por fatores abióticos como a adubação nitrogenada, temperatura, o manejo aplicado e a freqüência e intensidade de desfolhação (DOURADO et. al., 2009). A estrutura do dossel forrageiro é definida como a distribuição e o arranjo das partes que forma a planta, ou a quantidade e organização de seus componentes, dentro do seu grupo, sobre o solo (LACA e LEMAIRE, 2000). Deste modo, a estrutura da pastagem é determinada por sua morfologia e arquitetura, pela distribuição espacial das folhas, pelas relações folha:colmo, pelo material morto:vivo, pela densidade de folhas verdes, pela densidade populacional de perfilhos e pela altura, interferindo na forragem disponível (FAGUNDES et. al., 2006).

A adubação nitrogenada pode interferir tanto nas características estruturais como na produção dessas forrageiras, e o estudo da influência desse nutriente é muito importante para formação e exploração das pastagens. Especialmente na sua ação direta na formação de perfilhamento, por ser a unidade básica que compõe as pastagens de gramíneas forrageiras (HODGSON, 1990). Desse modo, um manejo adequado de adubação pode contribuir para o aumento da produção pecuária, levando-se em consideração o fator disponibilidade de forragem (ANDRADE, 2009). Vários trabalhos relatam a importância da adubação nitrogenada na morfogênese e no perfilhamento de

plantas forrageiras (GARCEZ NETO et al., 2002; MARTUSCELLO et al., 2005; SILVA, 2006). A dinâmica da geração e da expansão da forma da planta forrageira define as características básicas da morfogênese como a taxa de aparecimento de folhas, ou seja, o número de folhas que aparece em cada perfilho por unidade de tempo, a taxa de alongamento de folhas que segundo Schnyder et al. (2000) é o efeito cumulativo da divisão e alongamento celular e a permanência destas folhas por um período maior, do seu aparecimento até sua senescência e a taxa de alongamento do colmo. São variáveis morfogênicas básicas que determina as principais características estruturais das pastagens (GARCEZ NETO et al., 2002). Apesar de serem características determinadas geneticamente, elas podem ser influenciadas por variáveis do ambiente, como temperaturas, intensidade luminosa, disponibilidade hídrica, nutrientes e efeitos do pastejo (BARBOSA et al., 2002; GOMIDE et al., 2002). Estas características morfogênicas das plantas, em associação, determinam os componentes estruturais da pastagem (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993). Como mostra a figura 1.

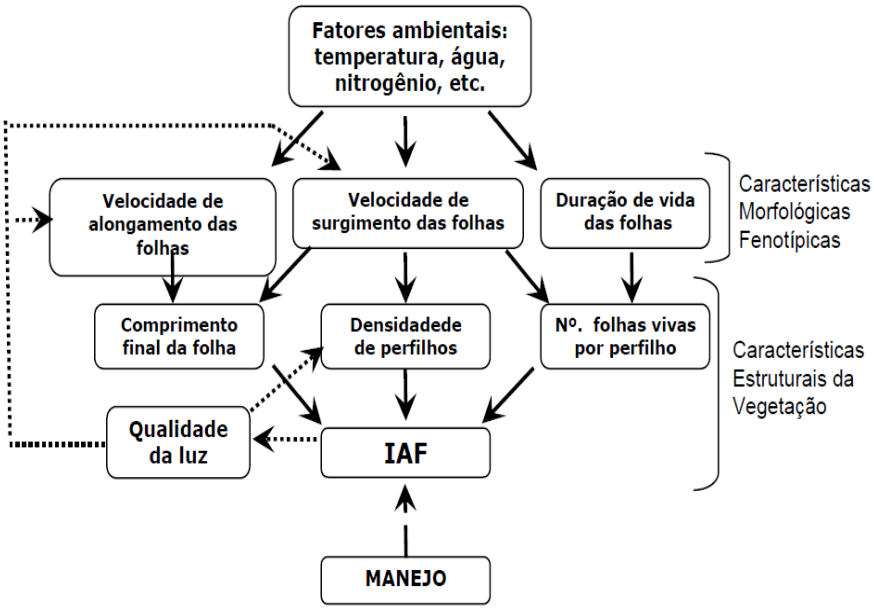


Figura 1. Representação esquemática da relação entre características morfogênicas e estruturais da pastagem (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

Verifica-se que a taxa de aparecimento de folhas tem um envolvimento direto com as três características estruturais do relvado: número de folhas por perfilho, tamanho das folhas e densidade de perfilhos, que concorrem para a definição do índice de área foliar da pastagem. Observa-se que o número de perfilhos é diretamente

dependente do número de folhas, fato que decorre de sua origem da gema existente na axila da respectiva folha. Entretanto, o desenvolvimento da gema em perfilho depende do adequado nível de reservas orgânicas da planta, verificado após razoável desenvolvimento da área foliar da planta. Obviamente, o perfilhamento é favorecido por fatores do meio como nutriente e umidade do solo, assim como pela intensidade de radiação solar que alcança o nível do solo, fato condicionado pelo índice de área foliar, que por sua vez varia conforme o manejo a que a pastagem é submetida. Estes fatores também são influenciados por variáveis do ambiente como temperatura, suprimento de nitrogênio e disponibilidade de água no solo (NABINGER, 1996; LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

O uso de fertilizante nitrogenado é uma alternativa tecnológica simples e muito eficaz no avanço produtivo das pastagens e na qualidade do solo. Alexandrino et al. (2004) em experimento com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob doses crescentes de nitrogênio verificaram que houve efeito significativo nas taxas de aparecimento foliar e alongamento foliar para as diferentes doses de nitrogênio, provocando incremento linear positivo. Segundo MacAdam et al. (1989), esse aumento no alongamento foliar ocorre, sobretudo, com aumento da produção das células do tecido vegetal (divisão celular), sem efeito no tamanho final da célula ou na taxa de alongamento da célula epidérmica.

Estudando a capacidade de resposta da adubação nitrogenada, Euclides et al. (2007) relatam que a resposta da adubação com 50 kg ha^{-1} de N/ano em pastos de capim-Tanzânia, foi suficiente para manter a produção de forragem estável durante três anos, sendo necessário o aumento na dose de N para 100 kg ha^{-1}/ano, somente a partir do quarto ano de utilização do pasto. Ainda segundo os autores, observaram que a aplicação de 50 kg ha^{-1} por ano de N adicional, em março, diminuiu a estacionalidade da produção forrageira, além de produzir forragem de maior valor nutritivo durante o outono. Lavres Júnior e Monteiro (2003), avaliando adubações com nitrogênio em capim Mombaça, verificaram que as doses de N tiveram influência significativa no perfilhamento contribuindo para maior produtividade da cultura.

2.6 Transportes do nitrogênio na planta

A importância do uso de nitrogênio nas culturas e sua elevada mobilidade no solo estabelecem buscas constantes na maximização de emprego deste nutriente. Até

porque o seu aproveitamento pelas plantas chega a menos de 50%. Diante disso, é necessário minimizar as perdas do N no solo e aperfeiçoar a absorção e a metabolização no interior da planta (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000), evitando a contaminação do meio ambiente em decorrência deste baixo aproveitamento.

As formas como o nitrogênio é absorvido nas plantas estão sujeitas a alguns fatores ambientais e também da espécie, das práticas de manejo, das propriedades do solo e fonte de nitrogênio utilizada. A absorção pode ocorrer na forma de amônia (NH_4^+) e nitrato (NO_3) que são as mais importantes. No entanto, o NO_3 prevalece durante o processo de absorção, devido sua abundância na solução do solo, e pela ação rápida dos microorganismos no processo de nitrificação deste elemento, ocorrendo dentro de cinco semanas. Neste período cerca de 60 a 70% do nitrogênio aplicado sofre nitrificação (MALAVOLTA, 1981). Além disso, é importante entender que o nitrogênio na forma de nitrato pode ser armazenado no vacúolo das células, ou metabolizado, porém, o amônio absorvido deve ser metabolizado, pois seu acúmulo é tóxico para a planta. (PRADO, 2008).

O processo de absorção do NO_3^- difere da absorção do NH_4^+ por ser induzida pelo próprio íon. Ainda que a absorção de nitrato e amônio seja mediada por transportadores, a absorção nítrica ocorre contra um gradiente de potencial eletroquímico, ao passo que a absorção amoniacal é menos dependente de energia (UFRB, 2007). Desta forma, por não utilizar grandes quantidades de energia, observa-se maior absorção de NH_4^+ em relação ao NO_3^- (PRADO, 2008). Para que o nitrogênio seja incorporado aos compostos orgânicos ele deve estar reduzido a NH_3^-, e este processo acontece através de enzimas redutoras. O processo pode ser metabolizado através da redução do nitrato com a atuação de enzimas como a redutase do nitrato e redutase do nitrito (CRAWFORD et. al., 2000). A redutase do nitrato (NR) catalisa o primeiro passo enzimático da assimilação de nitrogênio pelas plantas superiores por meio da redução do nitrato (NO_3^-) a nitrito (NO_2^-) (YANEVA et al., 2000).

2.7 Absorção e assimilação do nitrogênio nas raízes e folhas

O ensaio *in vivo* da atividade da redutase do nitrato tem sido amplamente utilizado como indicador do metabolismo do N em plantas. A redução do nitrato é uma reação enzimática que pode ocorrer nas células das raízes ou das folhas, sendo sua

atividade maior nas folhas (PRADO, 2008; OLIVEIRA et al., 2011), embora isso dependa da espécie e do desenvolvimento da planta (PRADO, 2008). Oliveira et al. (2011), enfatizam que uma característica da enzima redutase é que ela utiliza energia advinda da fotossíntese e é bastante regulada pelo fornecimento de esqueletos carbônicos para incorporação de nitrogênio em aminoácidos e, segundo Epstein e Bloom (2005), um quarto do gasto energético dos vegetais está relacionado com as várias reações na redução do nitrato e incorporação do nitrogênio às formas orgânicas. Desta forma, a redutase do nitrato é considerada uma enzima-chave na regulação do metabolismo do nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2011). Em função disso, a atividade da redutase do nitrato pode estar relacionada, indiretamente, com a produtividade das culturas. Pressupõe que plantas com alta atividade da redutase do nitrato teriam maior capacidade de assimilar o nitrato disponível, resultando em maior capacidade de resposta a adubação nitrogenada (VIANA e KIEHL, 2010).

Para Crawford e Glass, (1998) a maioria das espécies vegetais é capaz de absorver e assimilar nitrato, amônio, ureia e aminoácidos como fonte de N. Mas segundo Menguel e Kirkby (2001), o nitrato é a forma preferencial, sendo que a absorção do amônio se dá melhor em meio com pH neutro e o nitrato é melhor absorvido em meio com pH baixo. Manarim (2000) e Braga (2001) realizaram ensaios com o cultivar Mombaça e observaram que a aplicação de doses de N proporcionou aumento da atividade da enzima redutase do nitrato nas folhas e por consequência geraram aumento nos teores de N nas folhas.

Quando o nitrato entra na célula, ele pode ser reduzido a nitrito (NO_2^-), no citosol, através da enzima redutase do nitrato (RN) e, logo a seguir, convertido a amônio (NH_4^+) no plastídio, através da enzima redutase do nitrito (RNi). O amônio é, então, incorporado em aminoácidos pelas enzimas sintase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT), formando glutamina (GLN), glutamato (GLU) e outros aminoácidos e seus metabólitos (CRAWFORD, 1995), resultando em ácido glutâmico nos cloroplastos (Figura 2). A partir do ácido glutâmico são formados todos os demais aminoácidos, pela ação de aminotransferases ou transaminases. A redistribuição do nitrogênio nas plantas via floema, ocorre especialmente na forma de aminoácidos. Após a proteólise, os aminoácidos são movimentados das folhas velhas para as novas (MENGEL e KIRKBY, 2001).

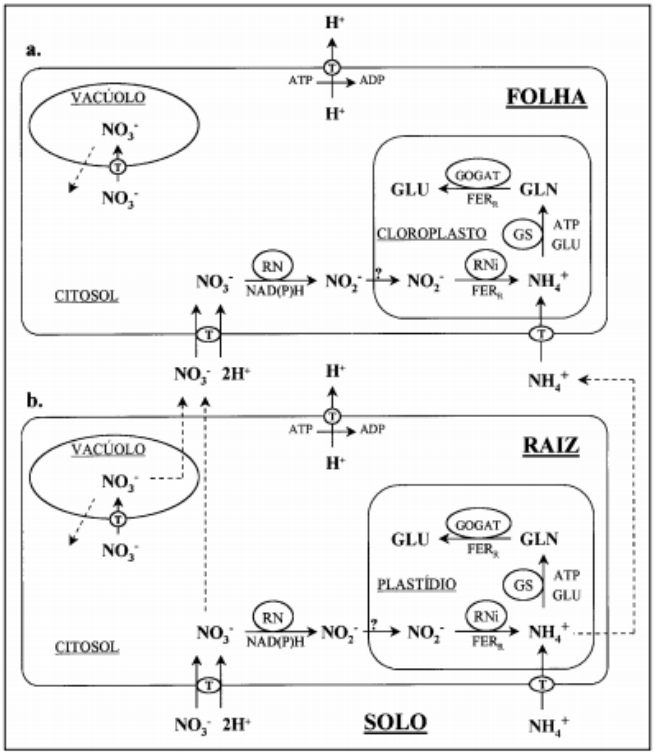


Figura 2. Representação esquemática da rota de assimilação do N nas raízes e folhas de plantas (adaptado de Bredemeier e Mundstock, 2000).

O caminho percorrido pelo nitrogênio é dependente da disponibilidade de vários fatores e, impreterivelmente acionará outros vários processos de síntese, mas o excesso deste nutriente pode desencadear uma série de reações adversas, principalmente quando há uma quantidade maior de NH_3^-, levando as plantas a intensificar seu processo respiratório. Quando isto ocorre, elas consomem mais carboidratos para a produção de radicais ácidos que incorporarão NH_4^+, formando aminoácidos. Desta forma, as plantas vão precisar produzir mais proteínas, em detrimento dos carboidratos e seus derivados, resultando em uma série de distúrbios relacionados ao excesso de nitrogênio (PRADO 2008), dentre eles, o acamamento das plantas, a diminuição do transporte de nutrientes para a parte aérea, menor conteúdo de carboidratos, desequilíbrio entre raízes e parte aérea entre outros fatores.

2.8 Avaliações do estado nutricional da gramínea forrageira

As variações sazonais preconizadas pelas mudanças climáticas influenciam diretamente as características das pastagens, sobretudo no estado nutricional das gramíneas forrageiras, tendo em vista que a disponibilidade de nutrientes exerce grande

influência na nutrição da planta, que se reflete no desenvolvimento vegetal e na recuperação do capim (BONFIM-SILVA e MONTEIRO, 2010). Desta forma, a deficiência de nitrogênio tem sido indicada como uma das principais causas da degradação de pastagens, e sua aplicação em quantidades adequadas promove melhorias no valor nutritivo da cultura. Por outro lado, independente da adubação, o estádio de desenvolvimento fisiológico da planta exerce grande influência sobre a composição bromatológica das forrageiras, assim como as características anatômicas que variam de acordo com as espécies (GOMIDE e GOMIDE, 2007). A definição mais apropriada da qualidade da forragem é a que relaciona o desempenho do animal com o consumo de energia digestível (ED), considerando a composição química da forragem, a sua digestibilidade e a natureza dos produtos da digestão (REIS et al., 1993).

As forragens de alta qualidade devem fornecer energia, proteína, minerais e vitaminas em quantidades suficientes para atender as necessidades nutricionais para uma elevada produção dos animais a pasto. Deste modo, quanto maior a concentração desses nutrientes, maior o valor nutritivo da forragem, o qual é efetivamente caracterizado como sendo o resultado do consumo voluntário da matéria seca da forragem, da sua composição química, da sua digestibilidade e da eficiência de utilização dos nutrientes absorvidos (BONA FILHO, 2010). Vários trabalhos na literatura confirmam resultados variados sobre o efeito das doses de nitrogênio no valor nutritivo das plantas forrageiras. Entretanto, preconiza-se que as variações de valores estudados são influenciadas por fatores climáticos, sobretudo no período de menor umidade no solo.

Outros fatores envolvem o período de diferimento das forragens, caracterizando valores mais elevados dos constituintes celulares. Neste contexto, a altura do dossel é uma variável estrutural do pasto que apresenta grande influência na produção e qualidade da forragem, principalmente quanto a gramíneas prostradas, de porte baixo e com alto potencial de perfilhamento (NAGANO, 2011). Quando efetuado corte mais baixo, normalmente causa maior retirada da fração colmo, o que pode reduzir os conteúdos de proteína bruta, a digestibilidade e o consumo (EUCLIDES, 1995), devido à maior participação de FDA e FDN. Desta forma, investigações relevantes possibilitam entender a importância da adubação nitrogenada na qualidade nutritiva das gramíneas forrageiras.

Por isso, a composição químico-bromatológica das plantas forrageiras representada pelo teor de proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN) e valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) tem grande importância na análise qualitativa da forragem, uma vez que estas variáveis podem ter influência direta ou indireta no consumo voluntário da matéria seca e consequentemente, na produção animal (VAN SOEST, 1994). Em estudo realizado por Teixeira (2010), em pastos com 95 e 140 dias de diferimento e adotando estratégias de aplicação de N, relata que não houve efeito no teor da fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta em média (9,0 e 8,6%) no verão. Enquanto, no outono e no inverno foram encontrados os menores valores para as estratégias de aplicação de 100 kg ha^{-1} de N para o FDN e com maiores teores de PB no período de inverno, em média de (10,7 a 11,5%). Maranhão et al. (2009), encontraram valores de 66,0; 66,5; 62,7 e 59,5% de FDN para as doses de 0, 75, 150 e 225 mg dm^{-3}, respectivamente para a *Brachiaria decumbens,* adubadas com nitrogênio em casa de vegetação. Para Nagano (2011), os valores mais elevados nos teores de PB foram observados em função das doses de N para o primeiro ciclo de cultivo do capim-Tanzânia.

O aumento no teor da proteína bruta da forragem com o uso de fertilizantes nitrogenados tem sido relatado na literatura pelos seus efeitos positivos, sem que houvesse alterações expressivas a sua digestibilidade. Este fato foi descrito também por Cecato et al. (2001), quando avaliaram cultivares do gênero *Cynodon* com aplicação de nitrogênio. Segundo os autores, houve um incremento no teor de PB das gramíneas avaliadas, e o nitrogênio não provocou alterações na digestibilidade nem no fator corte. Entretanto, Van Soest (1994) descreve que a concentração de proteína bruta está relacionada à digestibilidade, a qual diminui em detrimento ao aumento na idade de corte.

2.8.1 Clorofila

O entendimento e controle do processo fotossintético é fundamental para o aumento da produtividade de alimentos. Embora as plantas retirem do solo e do ar a matéria-prima necessária para a fotossíntese, a energia necessária para a realização do processo é fornecida pela luz solar. Entretanto, alguns suplementos se fazem necessários na realização fotossintética, dentre eles o nitrogênio, que exerce influência na determinação de pigmentos de clorofila. As avaliações químicas proveniente do tecido

vegetal identificam as deficiências nutricionais e possibilita prognosticar a necessidade dos suprimentos de nutrientes. Daí a importância de estudos relacionando ao uso do nitrogênio, pela sua relevância na nutrição de plantas, pois é utilizada na síntese de compostos celulares, como a clorofila (LIMA et al., 2001). As clorofilas são pigmentos responsáveis pela captura de luz usada na fotossíntese, sendo elas essenciais na conversão da radiação luminosa em energia química, na forma de ATP e NADPH, com grande influência no crescimento e adaptabilidade aos diferentes ambientes.

A aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo deve ser feita de acordo com a necessidade da planta a ser cultivada. A determinação desta necessidade no solo e na planta é importante no sentido de otimizar o uso do nitrogênio pela cultura, minimizar o custo com fertilizante nitrogenado e evitar a poluição ambiental (FERREIRA et al., 2006). Neste sentido, a determinação indireta do teor de clorofila na folha, pode ser utilizada para quantificar o uso de nitrogênio (MENGEL e KIRKBY, 2001) na cultura. Pesquisas têm mostrado aumento no teor de clorofila da folha, com incremento das doses de nitrogênio em espécies do gênero *Brachiaria* com relações positivas entre o teor de clorofila e concentração de nitrogênio na folha (BONFIM-SILVA, 2005; LAVRES JÚNIOR e MONTEIRO, 2006). Ressalta-se, em algumas culturas, que a concentração de clorofila ou o enverdecimento das folhas se correlaciona positivamente com a concentração foliar de nitrogênio, uma vez que 70% do N contido nas folhas está nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila e produção (WOLFF, 2005).

As mensurações de área e conteúdo de clorofilas em plantas forrageiras são utilizadas em estudos fisiológicos e agronômicos para avaliar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. São variáveis importantes no estudo do comportamento vegetativo das espécies forrageiras e na resposta das plantas às técnicas de manejo que visam a aumentar o potencial fotossintético e de rendimento (SMART, 1985; MURISIER, 1996), adaptabilidade às condições do ambiente (ENGEL e POGGIANI, 1991; LOPES, 1994) *apud* (FERREIRA et al., 2006). É importante destacar que o aumento na concentração de pigmentos de clorofila nas plantas correlaciona-se positivamente ao teor de nutrientes (SOFIATTI et al., 2009). E que segundo Cruz et al. (2007) a redução na quantidade de clorofila pode estar relacionada ao efeito negativo da deficiência de nitrogênio sobre a taxa fotossintética. Neste sentido, são utilizados medidores portáteis baseados na refletância da luz pelas folhas, para quantificar os

níveis de clorofilas nas plantas forrageiras (RICHARDSON et al., 2002). Porém, está é uma análise prévia, representada como variável quantitativa do teor de clorofila, sendo necessárias avaliações minuciosas para determinar as classes de pigmentos fotossintéticos contidos na planta.

Todos os organismos fotossintéticos contêm um ou mais pigmentos orgânicos capazes de absorver a radiação visível que iniciará às reações fotoquímicas da fotossíntese. Em plantas superiores, os principais pigmentos fotossintéticos são as clorofilas (*a* e *b*) e os carotenóides. As clorofilas são os pigmentos que dão às plantas a sua cor verde característica. A clorofila *a* é verde-azulada e a *b* é verde-amarelada. Segundo Ribaski e Martins (2002), consideram que dentre os vários tipos de clorofila que ocorrem nos vegetais verdes, são a clorofila *a* e a clorofila *b* que têm maior importância. E que apesar de ambas terem a mesma estrutura, a clorofila *a* é de ocorrência generalizada em todas as células fotossintetizadoras, desempenhando um papel fundamental no processo de bioconversão de energia. Além disso, Kramer e Kozlowski, (1979) relatam que a clorofila *a* é sempre mais abundante que a clorofila *b*. De acordo com Taiz e Zeiger (2002), a clorofila *a* está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica e é considerada como o pigmento principal, sendo os demais pigmentos acessórios. Outra classe de pigmentos acessórios são os carotenóides, que também são utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas, e podem ter estrutura pura em hidrocarbonetos (betacaroteno) ou contendo oxigênio (luteína) (REGO e POSSAMAI, 2006). Apesar de contribuírem com a fotossíntese e aumentarem o espectro de absorção de luz, sua principal função é proteger as clorofilas de danos ocasionados por excesso de energia radiante (SCOPEL et al., 2011). Mimuro e Katoh, (1991) estudando plantas mutantes, sem a biossíntese de carotenóides, constataram efeito letal em condições naturais de luminosidade.

2.8.2 Participação da fotossíntese na produção de gramíneas forrageiras

Os sistemas agrícolas são basicamente sistemas fotossintéticos e são avaliados de acordo com a eficiência na conversão da radiação solar (LOOMIS et al., 1971). A fotossíntese é o processo fisiológico responsável pela captura da energia solar e sua subsequente transformação bioquímica em compostos orgânicos que resultam em alimentos, fibras, celulose e energia (BRAGA et al., 2009). Alguns trabalhos demonstram que durante a rebrota, a fotossíntese foliar líquida nas folhas novas e

expandidas aumenta até determinado ponto, até que se inicia sua redução. Logo após o pastejo, embora a pastagem esteja deficiente de sombreamento, as folhas remanescentes apresentam reduzida fotossíntese, possivelmente em razão de seu desenvolvimento ter ocorrido sob intenso sombreamento (PEDREIRA e PEDREIRA, 2007). Entretanto, as forrageiras com hábito de crescimento cespitoso podem minimizar esse efeito em razão do crescimento ereto e da abundante oferta de luz nos estratos superiores do dossel, mesmo quando o índice de área foliar é elevado (PEDREIRA e PEDREIRA, 2007).

O processo de fotossíntese é responsável pela produção de alimentos e fibras, assim como é responsável pela produção de matérias-primas para todos os produtos vegetais (WOLFF et al., 2005). Entretanto, quando suplementadas com adubação nitrogenada, as folhas têm maior capacidade de assimilar CO_2 e sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando em maior acúmulo de biomassa. Porém, em condições de deficiência de N, o processo de divisão celular é adiado nos pontos de crescimento, o que resulta em uma redução na área foliar e no tamanho da planta, com reflexos negativos na produção (ARNON, 1975). A deficiência de N no solo também acelera a senescência foliar, devido ao retraslocamento de nitrogênio das folhas mais velhas para os pontos de crescimento, diminuindo a eficiência da fotossíntese e conseqüentemente a atividade fotossintética da planta (UHART e ANDRADE, 1995). Contudo, o melhor conhecimento de uso do processo fotossintético, tem duplicado o rendimento das culturas nos últimos anos (RICHARDS, 2000).

2.8.3 Bradford – Determinação de proteínas totais

Existe uma diversidade de proteínas, caracterizadas de acordo com a sua função biológica distinta. Uma destas categorias, por exemplo, subdivide as proteínas em dois grupos, proteínas solúveis e proteínas estruturais. As proteínas estruturais geralmente encontram-se ligadas a outros compostos e são constituintes das membranas celulares, e nas forragens frescas cerca de 10 a 15% são constituídos por nitrogênio não proteico (NNP), enquanto que as proteínas solúveis participam diretamente do metabolismo vegetal, notadamente como enzimas (BEZERRA NETO e BARRETO, 2004). Além disso, a proteína solúvel é aquela disponível para a absorção pelo animal, sendo um dos fatores que mais influi na degradação proteica no rúmen. É a fração correspondente aos aminoácidos e peptídeos solúveis, que são intermediários na produção de amônia (BARBOSA et. al., 2001). Assim quanto maior a quantidade de proteína solúvel,

melhor a disponibilidade de proteína e aminoácidos para o animal (TAMMINGA, 1979). Para quantificar a proteína solúvel, normalmente utiliza-se do método de Bradford que possibilita determinar as proteínas totais da forragem não considerando os NNP. Este método se baseia na ligação do reagente *Coomassie Blue* com a macromolécula de proteína, utilizando-se soro albumina bovina como padrão e a leitura da absorbância são realizados em espectrofotômetro a 595 nm para determinar a concentração de proteína (BRADFORD, 1976).

2.9 Atuações da urease no desdobramento da ureia

De certa forma, a eficácia da adubação nitrogenada é dependente de diversos fatores supracitados, entretanto algumas ações podem reduzir as perdas por volatilização e lixiviação. A perda por volatilização de NH_3 é um dos que mais contribuem para a baixa recuperação do N pelas culturas, sobretudo quando a fonte utilizada é a ureia e esta é aplicada sobre a palha (VITTI et al., 2005). A ureia é uma molécula bastante estável em meio aquoso e a urease acelera a reação de hidrólise de 10^{14} a 10^{32} vezes, sendo essa uma das enzimas que se tem maior conhecimento (KRAJEWSKA, 2009).

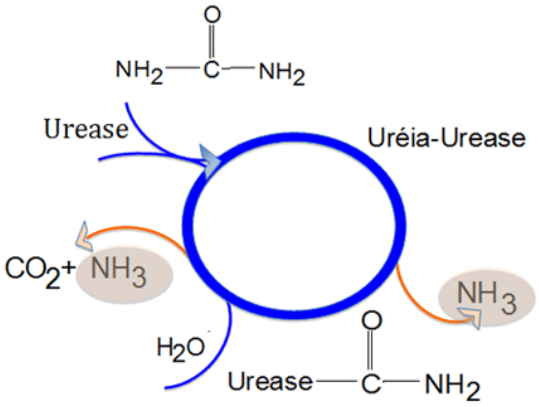


Figura 3. Reação de hidrólise de ureia catalisada pela urease (KRAJEWSKA 2009).

O processo de perda consiste na passagem da amônia presente no solo à atmosfera (DIEST, 1988), conforme a seguinte relação: $NH^{4+} + OH^{-}$ (aquoso) $\rightarrow H_2O + NH_3$ (gás). A ureia aplicada é rapidamente hidrolisada em dois ou três dias (BYRNES, 2000). Assim, quando a ureia é aplicada ao solo, o processo de perda N-NH_3 por volatilização envolve inicialmente a hidrólise por meio da urease. É a enzima

responsável pela hidrolise da ureia em amônia, é comum na natureza e está presente em microrganismos, plantas e animais. A urease presente nos solos é proveniente da síntese realizada por microrganismos.

Considera-se que 79% a 89% da atividade da urease em solos se devam a enzimas extracelulares, adsorvidas aos colóides do solo, e segundo Cantarella (2007), a atividade da urease é maior em plantas e resíduos vegetais do que em solo. Em função das características da urease, fatores que influenciam a atividades do microorganismo também influenciam a hidrólise da ureia, promovendo grandes variações na taxa de hidrólise para diferentes solos (REYNOLD e WOLF, 1987). Fatores como o pH tem participação direta na atividade da hidrólise, a neutralização da acidez pelo carbonato promove elevação do pH, que pode atingir valores acima de 7 na região próxima aos grânulos do fertilizante aplicado (RODRIGUEZ e KIEHL, 1992) favorecendo a formação de amônia. Porém, segundo Cantarella e Marcelino (2008), mesmo em solos ácidos a ureia está sujeita a perdas de N por volatilização de NH_3, devido a elevação do pH ao redor das partículas em decorrência da reação da hidrolise que consome prótons (H^+). A taxa de hidrolise é dependente também da temperatura, umidade, das trocas gasosas, da taxa de evaporação de água, do conteúdo de água no solo, do poder tampão, da capacidade de troca catiônica, da classe textural e a atividade da urease (HARGROVE, 1988; BYRNES, 2000).

Para reduzir as perdas de N por volatilização e aumentar a eficiência do uso da ureia, diversas transformações têm sido realizadas em fertilizantes nitrogenados (DOMINGUEZ et al., 2008), utilizando polímeros, a adição de ácidos e sais para evitar a formação de amônia (CANTARELLA, 2007), revestidos com membrana semipermeável, que controla a liberação de nutrientes (BENNET, 1996). O objetivo destas modificações é aumentar a eficiência de absorção dos nutrientes pelas plantas, utilizando fertilizantes de liberação lenta ou controlada (CONTIN, 2007). São inibidores da enzima urease e inibidores de nitrificação. São compostos que visam retardar a quebra da ureia, incorporando-a lentamente ao solo. Desta forma, diferentes fertilizantes contendo inibidores da urease têm sido utilizados nas culturas, pois representam uma alternativa de manejo que pode ser revertida em incrementos de produção (DUARTE et al., 2007).

Dentre os inibidores, o NBPT (N-n-butil) tiofosfórico Triamida, é o inibidor da urease mais promissor, sendo testado em alguns países com resultados satisfatórios

(CANTARELLA e MARCELINO, 2007; CHIEN et al., 2009; JUAN et al., 2009; ESPINDULA, 2010). Segundo os autores o NBPT é eficiente em baixas concentrações e inibe a hidrólise de ureia por períodos entre três a 14 dias, dependendo da temperatura do solo, umidade e outras condições ambientais. Além disso, descreveram que a aplicação de ureia contendo inibidor NBPT, não mostrou qualquer efeito sobre as propriedades biológicas do solo, propondo que seu uso é bastante viável. Por reduzir a perda de N, o NBPT aumenta a eficiência de uso do N da ureia, proporcionando maior produtividade para as culturas.

Em uma rede de experimentos feitos pelo IAC no Brasil com a cultura do milho, o uso de ureia com NBPT aumentou a produtividade de 7.054 para 7.450 toneladas por hectare, comparando com ureia sem o inibidor (CANTARELLA et al., 2008). Segundo Werner (2001), dois aspectos são fundamentais no manejo da adubação nitrogenada: a fonte e o parcelamento das doses para diminuir principalmente as perdas por volatilização e lixiviação. Com isso, tem-se melhor aproveitamento do nitrogênio pela planta, redução das perdas e manutenção de taxas de acúmulo mais uniforme de massa seca pela planta.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e período experimental

O experimento foi conduzido em condições controladas de casa de vegetação em área pertencente ao Instituto de Zootecnia, localizado no município de Nova Odessa/SP, (Figuras 4 e 5) a 528 m de altitude, 22°46’40″ latitude Sul e 47°17’45″ longitude Oeste. O tipo climático predominante é o tropical de altitude e semi-úmido, com inverno seco e vento sudeste, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger. A temperatura oscila entre mínima de 10°C e máxima de 35°C; média 26°C e umidade de 76%. A precipitação pluviométrica é de 1.317,1mm ao ano. O período experimental foi de abril de 2011 a julho de 2011.



Figura 4. Vista aérea do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa – São Paulo, Brasil.



Figura 5. Vista parcial do experimento em condições controladas de casa de vegetação

3.2 Solo estudado

O solo estudado foi classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999), coletado a 227 km do Instituto de Zootecnia no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Bovino de Corte em Sertãozinho-SP. Localizada na região norte do estado de São Paulo, está situada a 21º 8´16˝ de latitude sul e 47º59´24˝ de longitude oeste, região de clima tropical úmido, com temperatura média anual de 24ºC e precipitação de 1.312 mm, segundo classificação climática de Köppen-Geiger.

O solo foi coletado a uma profundidade de 0-20 cm, seco à sombra, peneirado e homogeneizado. A composição granulométrica presente no solo utilizado apresentava 70,1 % de argila, 10,0 % de areia fina, 0,16 % de areia grossa e 18,0 % de limo. Quanto às propriedades químicas e a presença de micronutrientes no solo, estão representados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Composição química do solo da camada de 0 a 20 cm coletado no Centro de Gado de Corte em Sertãozinho - SP.

pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	H+Al
	g kg^{-1}	mg dm^{-3}		mmol dm^{-3}			
6	34	10	4	3,4	54	25	22

SB	CTC	V%
mmol dm^{-3}	mmol dm^{-3}	
82,4	104,6	79

Fonte: Departamento de Ciência do Solo - ESALQ/USP

O V% do solo pode representar a necessidade de correção de acidez, desde que o valor esteja abaixo de 50%. Neste caso, não foi necessário corrigir, pois apresentou valor de 79%.

Tabela 2. Micronutrientes presente no solo coletado no Centro de Gado de Corte em Sertãozinho.

B	Cu	Fe	Mn	Zn
		(mg dm^{-3})		
0,26	5,7	10	27,0	0,7

Fonte: Departamento de Ciência do Solo - ESALQ/USP

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento foi organizado em blocos completos casualizados, com quatro repetições em esquema fatorial 2 x 4, onde foram estudadas duas fontes de adubo nitrogenado (ureia – U e ureia + inibidor de urease – UI, revestida com NPBT - tiofosfato de N-n-butil triamida), com aplicação de quatro níveis de ureia. A aplicação do nitrogênio foi realizada em doses crescentes (0, 75, 150 e 225 mg dm^{3}, após 15 dias da semeadura, 0, 25, 50 e 75 mg dm^{3}, após o primeiro corte e 0, 50, 100 e 150 mg dm^{3}, após o segundo corte, totalizando o correspondente a 0, 150, 300 e 450 kg ha^{-1}). Utilizando fontes p. a. (pró-análise).

Foram utilizados 32 vasos de cerâmicas revestidos com sacos plásticos que receberam 4,5 kg de solo seco (Figura 5). Foi semeado 25 sementes do capim *Panicum maximum* cv. Aruana diretamente nos vasos. Logo após a semeadura foi realizada a

adubação básica (Tabela 3), ocasião em que foram aplicados também os tratamentos e, após sucessivos desbastes, permaneceram cinco plantas por vaso.

Tabela 3. Adubação básica realizada no solo, na forma de solução nutritiva.

	P	K	S
Nutrientes		(mg dm^{-3})	
Quantidades	35	30	15
Fontes	KH_2PO_4	KH_2PO_4	Na_2SO_4

Todos os vasos receberam água desmineralizada até a capacidade de campo (CC) e diariamente foram irrigados até o corte final do capim. A forma esquemática dos tratamentos estudados foram constituídos de: 0; 75; 150 e 225 mg dm^{-3} de ureia e 0; 75; 150 e 225 mg dm^{-3} de ureia + NPBT. Inicialmente, os dados foram submetidos à análise exploratória, sendo que as variáveis que não atenderam às pressuposições da análise da variância foram transformadas. O modelo matemático segue abaixo:

$$Y_{ij} = \mu + F_i + D_j + B_l + (FD)_{ij} + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = variável dependente;

μ = média geral do experimento para a variável;

F_i = efeito do i-ésimo nível do fator Fontes ($_i$ = 1,2);

D_j = efeito do j-ésimo nível do fator Doses ($_j$= 1, 2, 3, 4);

B_l = efeito do l-ésimo nível do fator bloco (1 = 1, 2, 3, 4);

$(FD)_{ij}$ = efeito da interação entre o j-ésimo nível do fator fontes e o i-ésimo nível do fator doses;

e_{ij} = erro experimental associado a Y_{ij} , $e_{ij} \sim N(o\ \sigma^2)$.

3.4 Avaliações

O corte das plantas foram efetuadas a uma altura de 6 cm do solo, sendo o primeiro corte do capim-Aruana, realizado 30 dias após a germinação, o segundo corte ocorreu 28 dias após o primeiro e o terceiro 30 dias após o segundo corte. De acordo com recomendação descrita para esta espécie (PAULINO et al., 2011).

3.4.1 Determinações no material vegetal

3.4.1.1 Produção de biomassa seca

O material vegetal da parte aérea colhido foi separado em lâminas foliares e pseudocolmos (colmos + bainhas), e após o corte final, o sistema radicular foi separado do solo em água corrente e um sistema de peneiras com malhas de 1,0 mm e 0,25 mm. Os materiais foram pré-secados em estufa de circulação forçada de ar a 55ºC por 72 horas. Posteriormente foram pesados e determinada a massa seca de cada componente e do total da parte aérea. As amostras foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira contendo crivos de 1 mm, segundo Silva e Queiroz (2009).

3.4.1.2 Densidade populacional de perfilhos

Os dados de densidade populacional de perfilhos foram obtidos através da contagem de perfilhos em quatro repetições (vasos) de cada tratamento. A densidade populacional foi obtida a partir da média da contagem das cinco plantas por vaso.

3.4.1.3 Área foliar

A área foliar foi estimada através da coleta da lâmina foliar completamente expandida, separada em secções de área constante, conforme Peterson (1970).

$A = P (a / p)$,

onde:

A = área foliar; P = peso total da folhagem

a = área total das secções; p = peso das secções (a)

3.4.1.4 Atividade da Redutase do Nitrato, RNO_3^-

A atividade da redutase do nitrato foi determinada, de acordo com metodologia descrita por Mulder et al., (1959). O material foi coletado 20 dias após o primeiro corte às 06h30min. Foram coletadas duas lâminas mais novas completamente expandidas de cada tratamento, armazenada em isopor contendo gelo, em seguida foram transportadas ao laboratório do CENA/ESALQ para determinação do RNO_3^-. Por volta das 08h40min iniciou-se o processo de avaliação.

3.4.1.5 Atividade da enzima urease

Na avaliação da atividade da urease, segue-se a metodologia descrita por Hogan et al., (1983). A coleta do material e transporte para o laboratório do CENA/ESALQ, seguiu os mesmos procedimentos do material coletado para avaliação da atividade da redutase do nitrato.

3.4.1.6 Determinação do teor de nitrato nas lâminas foliares

A mensuração do teor de nitrato nas lâminas foliares foi efetuado com o uso de fitas para ensaios de determinação semiquantitativo de nitrato e nitrito, Quantofix® ferro total, graduação 0-5-20-50-100-250-500-1000 mg/L $Fe2^+/3^+$. (MACHEREY-NAGEL®). O processo de avaliação ocorreu aos 28 dias após o primeiro corte, ao amanhecer, aproveitando a exsudação das lâminas foliares.

3.4.1.7 Estimativa do teor de clorofila *a* e *b*

As determinações de clorofila *a* e *b* foram realizadas 15 dias após o segundo corte em discos foliares de 0,78 cm², sendo que a absorbância do sobrenadante foi determinada em espectrofotômetro a 470, 646 e 663 nm, no Laboratório de Biotecnologia Vegetal, IZ. Os cálculos da concentração dos pigmentos foram realizados conforme LICHTENTHALER e WELLBURN (1983), e as concentrações absolutas de clorofila *a* e *b* foram obtidas de acordo com as equações:

Clor.*a* = 12,21*A663 – 2,81*A646

Clor.*b* = 20,13*A646 – 5,03*A663

Onde, Clor. *a* é o conteúdo de clorofila *a*, Clor. *b*, o conteúdo da clorofila *b*. A663, A646 e A470 representam as absorbâncias nos comprimentos de onda 663, 646 e 470 nm, respectivamente.

3.4.1.8 Estimativa do teor de clorofila através de unidades SPAD

A determinação da concentração de clorofila foi efetuada de forma indireta, utilizando-se o aparelho *Clorophyll meter* SPAD 502 (Soil and Plant Analysis Development Section, Minolta Co. Osaka, Japan) para tomada de leituras de valor SPAD no terço médio da lâmina da terceira folha recém expandida a partir do ápice de cada planta (SANTOS, 1997). Esse aparelho forneceu resultados imediatos da estimativa do teor de clorofila por meio de leituras realizadas no limbo foliar, sendo realizadas 10 leituras em cada vaso.

3.4.1.9 Determinação de proteínas solúvel

A determinação de proteínas solúvel foi obtida no segundo corte, sendo realizada no Laboratório de Biotecnologia aplicada à Produção Animal do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa-SP, através do método de Bradford, (1976), utilizando-se soro albumina bovina (BSA) como padrão. As amostras foram lidas em espectrofotômetro a 595 nm e a concentração protéica estimada pela equação obtida da curva padrão com albumina bovina fração V. Este método quantifica as variações na concentração de proteínas solúveis presentes nos tecidos vegetais da forrageira.

3.4.2 Avaliação bromatológica da parte aérea

Para a estimativa do valor nutricional da gramínea forrageira, as análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Instituto de Zootecnia. As amostras coletadas de cada corte foram separadas em: lâmina e pseudocolmo, em seguida foram secas em estufa de ar forçado a 55ºC por 72 horas. As amostras foram moídas em moinho tipo Wiley provido de peneira de 1 mm e 0,25 mm, e acondicionadas adequadamente. As análises para determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas pela metodologia descrita por VAN SOEST et al., (1991), baseados na separação das frações dos constituintes das

forrageiras. O teor de proteína bruta (PB) foi determinado pelo método de Kjedahl, utilizando o fator 6,25 (100/16) para conversão de N em PB, segundo Silva e Queiroz (2009). As avaliações de celulose, lignina e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS), também obedeceram à metodologia descrita por Silva e Queiroz (2009). A hemicelulose (HCEL) foi calculada pela diferença entre os teores de FDN e FDA.

3.4.2.1 Concentrações de nitrogênio total

Foi realizada, no Laboratório de Bromatologia do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa-SP a determinação do N-total na parte aérea (folhas e colmos) e nas raízes efetuando-se a digestão sulfúrica, destilação e titulação, empregando-se o método analítico Micro Kjeldhal, conforme descrito por Silva e Queiroz (2009). Após obter o N-total, empregou-se a fórmula:

EN = (PB/6,25)*(MS*10)

Onde, EN (extração de nitrogênio) = PB (proteína bruta)* MS (matéria seca)*10

3.4.2.2 Recuperação aparente do nitrogênio

A recuperação aparente do N aplicado foi determinada pela diferença do N extraído entre as plantas de parcelas adubadas e não adubadas em relação a uma dose de N-fertilizante, conforme descrito na fórmula:

NR = (NE – NT)/NA*100/10

Onde, NR (nitrogênio recuperado) = NE (nitrogênio extraído) – NT (nitrogênio aplicado na testemunha) / NA (total de nitrogênio aplicado no tratamento) *100/10

3.5 Análises estatísticas

Os dados foram analisados estatisticamente pelo procedimento GLM do programa SAS V. 9.1, (2003) médias de tratamentos de natureza qualitativa foram comparadas pelos Testes de Tukey a 5 % de probabilidade. Os graus de liberdade referentes às doses de N (tratamentos quantitativos) foram decompostos em polinômios ortogonais, para obtenção da melhor equação de ajustes dos dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Biomassa seca da parte aérea do capim-Aruana

O rendimento de matéria seca é um parâmetro fundamental na avaliação da produtividade das gramíneas forrageiras.

A análise estatística mostrou que o efeito das doses de nitrogênio foi significativo ($P<0,01$) para a produção de biomassa seca da parte aérea do capim-Aruana. Entretanto, a interação ureia (U) e ureia + NPBT (U+NPBT)/dose não foi significativa ($P>0,01$). Nota-se que a produção de matéria seca respondeu as doses crescentes de ureia tanto para a aplicação exclusiva quanto para a aplicação utilizando ureia + NPBT demonstrada nas equações (Tabela 4).

Observa-se nos três cortes que as maiores produções de matéria seca ($P<0,05$) foram para a dose mais elevada de nitrogênio, e os dados ajustaram-se ao efeito linear que estão representados nas equações (Tabela 4). Estes valores superam em média 300% quando comparado ao tratamento que não recebeu adubação. Para Malavolta et al. (1974) *apud* Soria (2002), as pastagens de gramíneas forrageiras quando adubadas com doses crescentes de N, aumentam linearmente a produção de MS e de PB. Sendo que de modo geral para gramíneas forrageiras tropicais apresentam respostas a adubação nitrogenada até doses de 1600 kg de N ha^{-1}/ano^{-1}, embora a eficiência de

utilização seja reduzida a partir de 300 kg de N ha^{-1}/ano^{-1}. Colozza et al. (2000), em casa de vegetação, relataram que a adubação nitrogenada incrementou a produção de matéria seca da parte aérea, além de melhorar o valor nutritivo do *Panicum maximum* cv. Aruana.

Tabela 4. Produção de biomassa seca (BS), g $vaso^{-1}$, da parte aérea do capim-Aruana em função da adubação nitrogenada. Dados do 1º, 2º e 3º cortes.

BS 1º Corte			**BS 2º Corte**			**BS 3º Corte**		
Kg N/ha	**Ureia**	**U + I**	**Kg N/ha***	**Ureia**	**U + I**	**Kg N/ha***	**Ureia**	**U + I**
0	3,20	3,20	**0**	3,23	3,23	**0**	2,85	2,85
75	11,51	10,38	**25**	10,83	10,28	**50**	10,58	10,84
150	16,61	17,53	**50**	15,80	14,22	**100**	18,05	18,83
225	18,44	17,67	**75**	16,41	15,72	**150**	20,80	21,58
Média	12,44	12,20		11,57	10,86		13,07	13,53
Equações de regressão								
1º corte								
$y_{UREIA} = 0,0339x + 4,817$ ($R^2=0,92$)			$y_{UREIA + NPBT} = 0,0337x + 4,611$ ($R^2 = 0,89$)					
2º Corte								
$y_{UREIA} = 0,0297x + 4,891$ ($R^2=0,88$)			$y_{UREIA + NPBT} = 0,0276x + 4,651$ ($R^2 = 0,92$)					
3º Corte								
$y_{UREIA} = 0,0409x + 3,872$ ($R^2 =0,96$)			$y_{UREIA + NPBT} = 0,0428x + 3,898$ ($R^2 = 0,96$)					

* Adubação de manutenção após o corte.

Apesar dos valores positivos registrados para a produção de matéria seca em função das doses crescentes de N, ficou constatado que não houve diferença estatística ($P>0,01$) entre as fontes utilizadas (ureia e ureia + NPBT). Verifica-se que tanto para a participação de lâminas foliares quanto à de pseudocolmo o efeito linear foi exercido na presença de doses crescentes de N aplicado. Este acontecimento segundo Malavolta et al. (1997), é devido a participação do nitrogênio nos diversos processos da planta, dentre eles a divisão celular e a constituição dos tecidos, refletindo no aumento da produção de matéria seca.

4.2 Produção de biomassa nas lâminas foliares

Neste trabalho pode ser observada no primeiro e no segundo corte maior participação de lâminas foliares na massa de forragem (78,5%) em relação ao terceiro corte (47,4%), comparado à testemunha. A análise estatística comprova o efeito significativo (P<0,01) para as lâminas foliares nos três cortes avaliados em função das doses crescentes de N. Enquanto que para a interação do uso de ureia e ureia + NPBT), de acordo com a estatística não houve significância (P>0,7810) na produção de biomassa seca.

Tabela 5. Produção de biomassa seca (g vaso^{-1}) das lâminas foliares (BSL) do capim-Aruana em função da adubação nitrogenada. Dados do 1º, 2º e 3º cortes.

	BSL 1º Corte			**BSL 2º Corte**			**BSL 3º Corte**	
Kg N/ha	**Ureia**	**U + I**	**Kg N/ha***	**Ureia**	**U + I**	**Kg N/ha***	**Ureia**	**U + I**
0	2,72	2,72	**0**	2,71	2,71	**0**	0,98	0,98
75	9,58	8,32	**25**	8,75	8,11	**50**	5,40	5,42
150	12,28	12,85	**50**	11,98	10,73	**100**	8,88	9,69
225	13,31	13,50	**75**	12,09	11,82	**150**	11,18	11,93
Média	9,47	9,35		8,88	8,34		6,61	7,00
Equações de regressão								
1º corte								
$y_{UREIA} = 0,0345x + 4,302$ ($R^2 = 0,87$)			$y_{UREIA + NPBT} = 0,0356x + 4,012$ ($R^2 = 0,85$)					
2º Corte								
$y_{UREIA} = 0,0314x + 4,177$ ($R^2 = 0,84$)			$y_{UREIA + NPBT} = 0,03x + 3,85$ ($R^2 = 0,90$)					
3º Corte								
$y_{UREIA} = 0,0371x + 1,437$ ($R^2 = 0,98$)			$y_{UREIA + NPBT} = 0,0341x + 1,498$ ($R^2 = 0,98$)					

* Adubação de manutenção após o corte

Observa-se no terceiro corte menor produção de biomassa seca, este fato, possivelmente deve-se ao baixo efeito residual do N aplicado em função da dosagem menor em relação ao primeiro e segundo corte. Entretanto, nota-se que a correlação existente entre as duas variáveis (doses de N e BSL) possuem uma influência forte e

positiva independente do uso de ureia com inibidor da urease, (ureia R^2 = 0,87, ureia + NPBT R^2 = 0,85); (ureia R^2 = 0,84, ureia + NPBT R^2 = 0,90); (ureia R^2 = 0,98, ureia + NPBT R^2 = 0,98) para o primeiro, segundo e terceiro corte, respectivamente. Na dosagem zero de N, verifica-se que houve uma diminuição na produção de biomassa nos períodos de corte, este evento está relacionado à extração progressiva deste nutriente em função do crescimento da planta, ou seja, segundo Paulino (2011), a planta forrageira retira o nutriente remanescente do solo até seu esgotamento, consequentemente sua ausência irá afetar o desenvolvimento da gramínea.

De maneira geral, a adubação nitrogenada proporcionou maior incremento na produção de biomassa seca de lâminas foliares. Este evento é desejável no manejo de pastagem, pois as lâminas foliares desempenham papel importante na ecologia de sistemas pastoris por produzirem componentes necessários para o crescimento e a manutenção da planta. Quanto a resposta positiva a adubação nitrogenada na produção de matéria seca de gramíneas forrageiras, é uma realidade expressiva na literatura, sendo relatados em vários trabalhos, (COLOZZA et al., 2000; CECATO et al., 2001; GERDES et al., 2005; CORRÊA et al., 2007; COSTA et al., 2009; LUCENA, 2011. Costa et. al. (2010), trabalhando com capim-vencedor, descreveram efeitos lineares sobre a produção de matéria seca em função de doses e fontes de N utilizando ureia e sulfato de amônio. De certa forma, segundo Cecato et al. (2000), o incremento na produção de matéria seca em função de doses elevadas de nitrogênio já é esperado. Entretanto, as mesmas doses podem influenciar de um estudo para outro devido a vários fatores, sobretudo, clima, temperatura, umidade do solo, pH entre outros.

4.3 Produção de biomassa seca dos pseudocolmos

O efeito da adubação nitrogenada na produção de biomassa seca do pesudocolmo do capim-Aruana foi linearmente positivo ($P<0,01$) em função das doses crescentes de N, na média dos três cortes. Contudo, constata-se no primeiro corte menor produção para o parâmetro estudado, este fato correlaciona-se positivamente com a maior produção de lâminas foliares verificada no mesmo período para biomassa seca. É de grande interesse forrageiro a menor participação do pseudocolmo na formação do dossel das pastagens e, normalmente esta variedade de *Panicum* proporciona este efeito positivo. Esta elevada proporção de lâminas foliares e baixa participação de colmos

observada no capim-Aruana, é uma característica agronômica desejável dessa forrageira.

Tabela 6. Produção de biomassa seca (g vaso^{-1}) dos pseudocolmos (BSP) do capim-Aruana em função da adubação nitrogenada. Dados do 1º, 2º e 3º cortes.

BSP 1º Corte			**BSP 2º Corte**			**BSP 3º Corte**		
Kg N/ha	**Ureia**	**U + I**	**Kg N/ha***	**Ureia**	**U + I**	**Kg N/ha***	**Ureia**	**U + I**
0	0,49	0,49	**0**	0,52	0,52	**0**	1,87	1,87
75	1,93	2,06	**25**	2,08	2,17	**50**	5,18	5,42
150	4,33	4,03	**50**	3,82	3,90	**100**	9,17	9,14
225	5,13	4,82	**75**	4,32	3,49	**150**	9,62	9,65
Média	2,97	2,85		2,69	2,52		6,46	6,52

Equações de regressão

1º corte

$y_{UREIA} = 0,0163x + 0,522$ ($R^2 = 0,96$) $y_{UREIA + NPBT} = 0,015x + 0,606$ ($R^2 = 0,97$)

2º Corte

$y_{UREIA} = 0,0131x + 0,714$ ($R^2 = 0,95$) $y_{UREIA + NPBT} = 0,0106x + 0,924$ ($R^2 = 0,81$)

3º Corte

$y_{UREIA} = 0,0272x + 2,374$ ($R^2 = 0,92$) $y_{UREIA + NPBT} = 0,0271x + 2,461$ ($R^2 = 0,92$)

* Adubação de manutenção após o corte

Observa-se a variação para os valores de biomassa seca de 0,49 a 5,13; 0,52 a 4, 32, e 1,87 a 9,65g/vaso para o primeiro, segundo e terceiro corte, respectivamente em função das doses crescentes de N. Verifica-se nos dois primeiros cortes um incremento aproximado de 10,5 vezes no acúmulo de BSP comparando o tratamento testemunha com a aplicação mais elevada de N ha^{-1}, entretanto, no terceiro corte o aumento foi menos expressivo em relação aos outros, cerca de 5 vezes. Porém, no terceiro corte o acúmulo de BSP foi maior para as doses crescentes de N, inclusive para a testemunha.

De acordo com Euclides et al. (2000) o desenvolvimento de pseudocolmos incrementa a produção de matéria seca, contudo, causa uma influência direta na estrutura do dossel, podendo proporcionar efeitos negativos sobre a qualidade da

forragem por meio de redução na relação lâmina foliar e pseudocolmo, comprometendo diretamente o desempenho dos animais em pastejo.

4.4 Relação folha/pseudocolmo

Os dados referentes a relação folha/colmo estão representados na Tabela 7. A relação entre os parâmetros avaliados foi significativa (P<0,0012) apenas no primeiro e segundo corte. As análises de regressão demonstram que a resposta a adubação nitrogenada foi linearmente decrescente, sendo influenciadas em função às doses crescentes de N. Entretanto, nota-se que ao utilizar a ureia contendo o inibidor da urease, não houve efeito significativo (P>0,01) desta interação. Observa-se nos cortes 1 e 2 que, nas maiores doses de nitrogênio a relação folha/colmo diminuiu, devido ao maior crescimento das plantas e ao processo de alongamento dos colmos. No terceiro corte os valores da relação folha/colmo foram inversamente aos obtidos no primeiro e segundo corte. Constata-se na análise de regressão que em função às doses crescentes de N, a relação também foi linearmente crescente, proporcionando uma relação crítica, abaixo de 1:1 neste parâmetro avaliado. Este evento pode ser observado na tabela 6 com uma participação mais efetiva de pseudocolmo. Gontijo Neto et al. (2006) observaram que em capim-Tanzânia para maximizar o consumo de matéria seca de forragem de animais em pastejo com base no peso vivo a relação folha/colmo deve ser de, no mínimo, 1,15.

Verifica-se no primeiro e segundo corte que nas menores doses de N, inclusive na dose 0, houve maiores valores para a relação folha/colmo, justamente onde a altura da planta era inferior às doses mais elevadas de nitrogênio. Este evento foi constatado por Tinoco et al. (2009), em detrimento aos cortes realizados no capim-Tanzânia. De acordo com Nussio et al. (1998), nos estádios iniciais de crescimento a forragem é constituída basicamente por folhas ao invés de caule, podendo ser atribuída à necessidade que a planta apresenta em produzir substâncias necessárias para o seu desenvolvimento, aumentando a área fotossintética. Por outro lado verificou-se que nas doses mais elevadas de N a produção de biomassa seca foi maior, porém a produção de pseudocolmo acompanhou a maior produção de lâminas foliares como descrita nas tabelas 5 e 6. Apesar do capim-Aruana ser considerado uma gramínea tenra, é importante ressaltar que no manejo do pastejo, o propósito é que a maior proporção da dieta do animal seja composta por folhas verde, em vez de colmos e material morto. De

acordo com Sbrissia e Da Silva (2001), a relação folha/colmo apresenta importância variada, sendo determinada de acordo com a espécie forrageira, podendo ser menor em espécies de colmo tenro e de menor lignificação.

A relação entre estes parâmetros é um índice do valor nutritivo da forragem e, ao lado da altura do relvado e da disponibilidade de biomassa da pastagem, condiciona a facilidade de apreensão da forragem pelo animal e, portanto seu comportamento durante o pastejo: tempo de pastejo, ritmo e tamanho de bocado, e assim determinando o consumo e o desempenho animal: ganho de peso vivo, produção de leite (GOMIDE e GOMIDE, 1999).

Tabela 7. Relação lâmina x pseudocolmo do capim-Aruana em função da adubação nitrogenada. Dados do 1º, 2º e 3º cortes.

	1º Corte			**2º Corte**			**3º Corte**	
Kg N/ha	**Ureia**	**U + I**	**Kg N/ha***	**Ureia**	**U + I**	**Kg N/ha***	**Ureia**	**U + I**
0	5,55	5,55	**0**	5,21	5,21	**0**	0,52	0,52
75	4,96	4,04	**25**	4,21	3,74	**50**	1,04	1,00
150	2,84	3,19	**50**	3,14	2,75	**100**	0,97	1,06
225	2,59	2,80	**75**	2,80	3,39	**150**	1,16	1,24
Média	3,98	3,89		3,84	3,77		0,92	0,95

Equações de regressão

1º corte

$y_{UREIA} = -0,0147x + 5,635$ ($R^2 = 0,91$) $y_{UREIA + NPBT} = -0,0121x + 5,26$ ($R^2 = 0,93$)

2º Corte

$y_{UREIA} = -0,0332x + 5,085$ ($R^2 = 0,96$) $y_{UREIA + NPBT} = -0,0258x + 4,74$ ($R^2 = 0,64$)

3º Corte

$y_{UREIA} = 0,0037x + 0,645$ ($R^2 = 0,73$) $y_{UREIA + NPBT} = 0,0044x + 0,622$ ($R^2 = 0,87$)

* Adubação de manutenção após o corte

4.5 Densidade populacional de perfilhos

Os números de perfilhos observados no primeiro e segundo corte estão representados na Tabela 8. Verificou-se no primeiro e segundo corte que não houve diferenças significativas (P>0,01) entre o uso de ureia e U + NPBT. Porém, o número de perfilhos emitidos pelas plantas de capim-Aruana aumentou linearmente até a dose de 150 kg de N/ha no primeiro corte. Já no segundo corte o ajuste foi linear ao modelo de regressão.

Tabela 8. Número de perfilhos totais (perfilhos vaso^{-1}) do capim-Aruana em função da adubação nitrogenada. Dados do 1º e 2º cortes. Média de três repetições.

Doses	**Fontes de nitrogênio**				
	1º Corte			**2º Corte**	
Kg N/ha	**Ureia**	**U + I**	**Kg N/ha***	**Ureia**	**U + I**
0	34,75	34,75	**0**	44,75	44,75
75	68,08	65,17	**25**	108,50	92,50
150	70,08	74,25	**50**	130,00	136,00
225	67,25	72,42	**75**	154,00	141,25

Equações de regressão:

1º Corte

$y_{UREIA} = 0{,}0663x + 45{,}115$ ($R^2 = 0{,}58$) $y_{UREIA + NPBT} = 0{,}0814x + 43{,}334$ ($R^2 = 0{,}74$)

2º Corte

$y_{UREIA} = 0{,}2328x + 56{,}925$ ($R^2 = 0{,}92$) $y_{UREIA + NPBT} = 0{,}222x + 53{,}675$ ($R^2 = 0{,}91$)

* Adubação de manutenção após o corte

O nitrogênio figura junto com outros fatores ambientais que altera uma densidade de perfilhos, a taxa de aparecimento, alongamento, senescência foliar e tamanho das folhas (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993). A redução no número de perfilhos do primeiro corte mediante a aplicação de 225 kg ha^{-1} de N é justificada por efeitos fitotóxicos do excesso de N sobre as plântulas. Observaram-se, nesse tratamento necroses nos ápices e bordos de folhas novas. Entretanto, tais efeitos foram passageiros e não observados no crescimento da rebrota. Reafirmando a necessidade de parcelamento na aplicação de N para aumento de eficiência do uso de N, redução de perdas de N e evitar efeitos tóxicos do excesso de fertilizantes (PAULINO, 2011). Nota-se que o número de perfilhos no segundo corte foi muito superior ao primeiro corte.

Na ausência de adubação nitrogenada o número de perfilhos foi baixo. Já em presença da maior dose de nitrogênio aplicada os incrementos no perfilhamento no segundo corte foram de 244 e 216%, para ureia e ureia + NPBT, quando comparado com a testemunha. Outro fato interessante é que maior número de perfilhos por planta proporciona maior cobertura do solo pela planta forrageira. Portanto, a adubação nitrogenada, além de aumentar a produção de matéria seca, contribui para a redução da degradação do solo, pois diminui a exposição ao impacto da chuva e a exposição ao sol. Também evita uma maior infestação de plantas daninhas e possibilita uma formação mais rápida do pasto (PAULINO et al., 2011).

4.6 Características morfológicas – Comprimento e largura das folhas

As características morfológicas das lâminas foliares apresentadas na Tabela 9 foram mensuradas na terceira lâmina completamente expandida. O comprimento das lâminas proporcionam resultados significativos ($P<0,01$) de acordo com as doses crescentes de ureia, entretanto, quanto relaciona-se o uso de ureia e ureia + NPBT, os resultados estatísticos revelam-se não significativos para este parâmetro. Observa-se que devido às doses exclusivas de ureia, ocorreu o alongamento gradativo das lâminas foliares alcançando um patamar de 86% na dose máxima em relação à testemunha.

A adubação nitrogenada promove aumento na taxa de alongamento foliar, havendo, consequentemente, efeito direto sobre a área foliar fotossintetizante (MARTUSCELLO et al., 2005). No tratamento que recebeu a ureia com inibidor da urease, houve um crescimento maior nas doses aplicadas de 75 e 150 kg de N ha^{-1} com menor avanço da lâmina no tratamento que recebeu 225 kg de N ha^{-1}.

Este evento está representado nas equações de regressão configurando a evolução nas doses de 75 e 150 kg de N/ha^{-1}: $Y_{ureia} = 0,0033x + 1,0683$ ($R^2 = 0,75$), enquanto que na aplicação de 450 kg de N/ha^{-1}, houve o decréscimo: $Y_{ureia + NPBT} = 0,0016x + 1,181$ ($R^2 = 0,42$).

Tabela 9. Comprimento de lâminas foliares (cm vaso^{-1}) e largura de lâminas (mm/vaso) do capim-Aruana em função da adubação nitrogenada. Dados do 1º corte. Média de três repetições.

Tratamento	**C (cm/lâmina)**		**L (mm/lâmina)**	
Kg N ha^{-1}	**Ureia**	**U + I***	**Ureia**	**U + I**
0	0,96	0,96	14,0	14,0
75	1,38	1,61	15,9	16,0
150	1,59	1,61	16,2	16,3
225	1,76	1,48	16,7	16,5
Média	1,42	1,41	17,3	16,9

* Ureia + NPBT, inibidor da urease. C (comprimento); L (largura)

Em relação à largura de lâmina, os valores foram superiores mediante a aplicação crescente de ureia, sendo observada a interação com o comprimento laminar. Observa-se que a aplicação de 225 kg de N ha^{-1} demonstra um índice maior de massa para o tratamento que recebeu ureia exclusiva, entretanto, estatisticamente estes valores não diferem entre si (P>0,01) quando comparado com a aplicação da ureia e ureia + NPBT. Mesmo assim, para os parâmetros estudado o efeito das doses de N foi linear positiva. Esta relação de perfil da lâmina foliar é de extrema importância para a planta, uma vez que é a folha a responsável pela interceptação de luz. É importante destacar que a anatomia da folha influencia não só a produção de forragem, mas também seu valor nutritivo. A inserção das lâminas foliares nos perfilhos, seu alongamento e espessura, contribui para elevar os teores dos componentes celulares (PACIULLO, 2000).

4.7 Área foliar

A área foliar total por vaso foi influenciada (P < 0,01) pelas doses de N, os dados foram avaliado somente no crescimento inicial, Figura 6, apresentando comportamento linear frente ao uso da ureia e ureia + NPBT. A importância da adubação nitrogenada para área foliar em gramíneas forrageiras foi relatada por Werner (1986) e Lavres Júnior (2001).

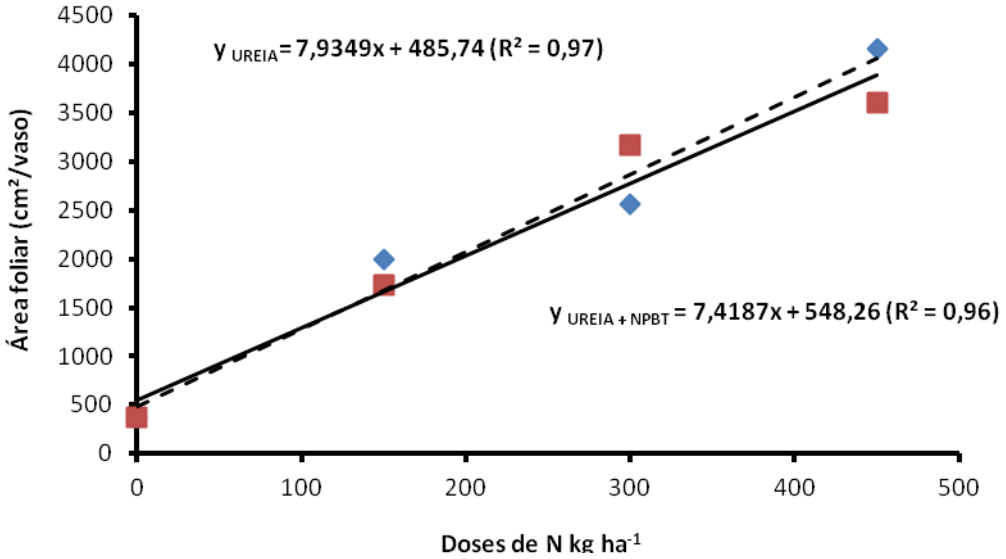


Figura 6. Valores de área foliar para o capim-Aruana em função da aplicação de N

Os valores de área foliar para o capim-Aruana encontrado neste experimento foram similares aos descritos por Santos (2003), empregando a mesma metodologia. De acordo com Paciullo et al. 1998), qualquer estratégia de adubação nitrogenada adotada, contribui para o crescimento vegetal, resultando em aumento na área foliar.

4.8 Atividade da Redutase do Nitrato, RNO_3^-

A atividade da enzima redutase do nitrato (RNO_3^-), apresentou variação significativa ($P<0,01$), com as doses crescentes de nitrogênio, e seu estímulo foi mais efetivo com aplicação de ureia exclusiva quando comparada a ureia + NPBT (Figura 7). Entretanto, observa-se um efeito de regressão com ajuste quadrático com as doses de N aplicada. Pode-se dizer que o substrato externo (N), na dose mais elevada, promoveu um decréscimo na atividade da enzima, já que a redutase de nitrato é uma enzima cuja síntese e atividade é induzida pelo substrato (BEEVERS e HAGEMAN, 1969), o N está diretamente envolvido na ativação desta enzima, quando na forma de nitrato (MENGEL e KIRKBY, 2001).

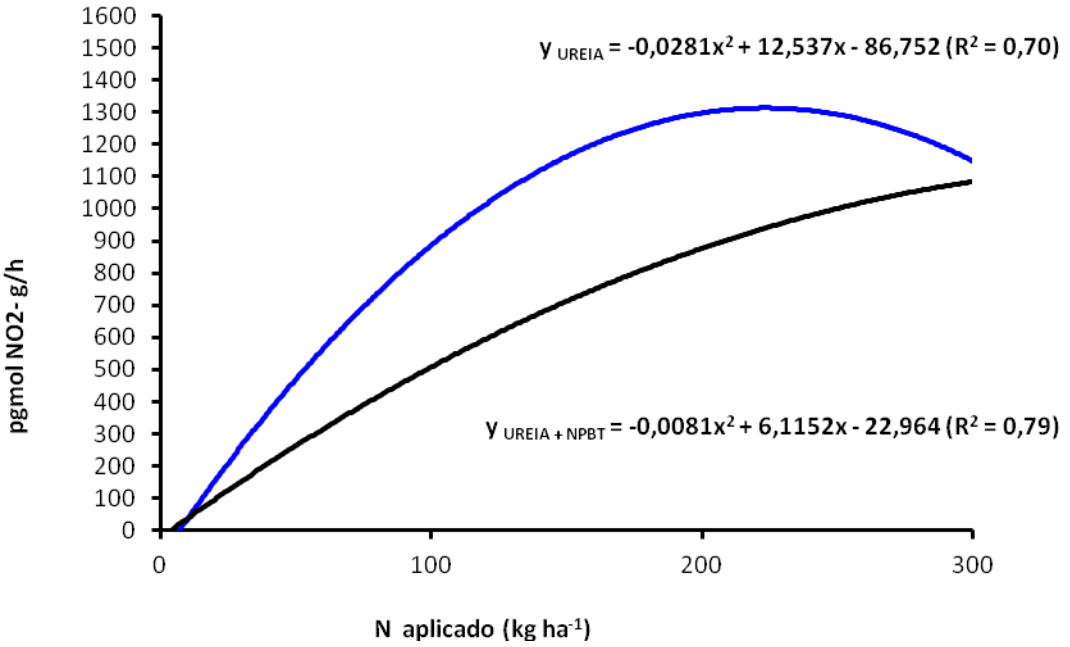


Figura 7. Atividade da redutase do nitrato (RN) µmol NO_2^- g^{-1} h^{-1}) em função da adubação nitrogenada nas lâminas foliares de capim-Aruana.

De acordo com Solomonson e Barber (1990), 25% da energia produzida pela fotossíntese são gastas na assimilação do nitrato e segundo Scheurwater (2002) as plantas crescem mais rápido quando reduzem o nitrato na folha. Sodek (2004), enfatiza a importância de esclarecer que não é o teor de nitrato pré-existente nas lâminas foliares que induz a síntese da enzima, mas a quantidade de nitrato trazida pelo fluxo transpiratório via xilema. Neste estudo, verificou-se que para a ureia a aplicação de 223,8 kg ha^{-1} de N, proporciona maior atividade da enzima nas lâminas foliares. Já em presença de ureia + NPBT a atividade máxima da RNO_3^- foi estimada acima da aplicação mais elevada de N. Este fato pode ser justificado devido à participação do N residual.

Os valores de atividade da redutase observados neste trabalho foram inferiores aos encontrados por Abreu (1994), sendo a dose de máxima atividade enzimática da redutase encontrada pelo autor em 420 kg ha^{-1} de N. Lavres Jr. e Monteiro (2006), verificaram aumentos na atividade da redutase do nitrato de acordo com o suprimento de N na solução nutritiva, obtendo picos de atividade máxima da enzima além do limite das doses utilizadas neste estudo. Os autores supracitados reforçam a tese inicial de que a atividade da enzima redutase do nitrato é influenciada não só pela luminosidade e temperatura, mas pela concentração de NO_3^- no substrato da planta, que induz a atividade.

Lavres Jr. (2001) observou em estudo com o capim-Tanzânia, que na aplicação de doses de N de 210 mg L^{-1} na proporção de 64,4 e 35,6% de nitrato e amônio respectivamente, obteve as maiores atividades da enzima redutase do nitrato. Souto e Aronovich (1992), trabalhando com Cameron e Napier, observaram aumento significativo ($P<0,01$) da atividade na enzima RNO_3^- na dose de 50 kg de N ha^{-1}.

4.9 Atividades da enzima urease

Na Figura 8 são apresentados os dados de atividade da urease (µmol N-NH_4^+ g^{-1} h^{-1}). A atividade da urease foi detectada no capim-Aruana em presença ou ausência de aplicação de fertilizante nitrogenado. Com o emprego de doses de N, as atividades da urease foram maiores ($P<0,05$) mediante a aplicação de ureia + NBPT que com uso só de ureia. Sabe-se que é necessário um suprimento adequado de níquel no solo para ativação da urease (GERENDÁS e SATTELMACHER, 1997). Embora esse elemento não tenha sido analisado no solo, provavelmente devido à origem basáltica neste solo, houve um suprimento natural deste micronutriente.

Embora o NPBT seja conhecido como inibidor da urease, os dados do presente trabalho evidenciam maior atividade enzimática nas folhas de capim-Aruana em presença de NPBT. Cabe esclarecer que a função do tiofosfato de N n-butil triamida (NPBT) é reduzir a solubilidade da ureia, atuando indiretamente sobre a síntese de urease no solo. Por outro lado, na planta significativas quantidades de N como ureia são geradas da arginina, purinas ou ureideos (POLACO e HOLAND, 1994). Na planta a urease tem o papel de possibilitar que a ureia seja utilizada como amônia pela incorporação em compostos orgânicos principalmente pela glutamina sintetase.

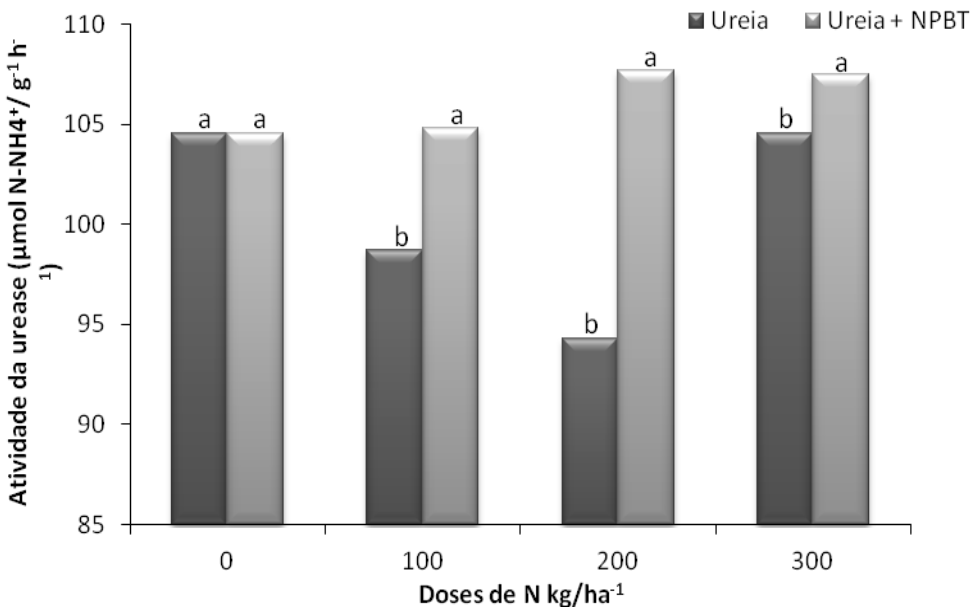


Figura 8. Atividade da urease (µmol $N\text{-}NH4^{+}$ g^{-1} h^{-1}) em função da adubação nitrogenada nas lâminas foliares de capim-Aruana.

A maior atividade da urease nas lâminas foliares de capim-Aruana que receberam ureia + NPBT indicam que este composto empregado no revestimento da ureia, poderia pelo menos parcialmente explicar a eficiência de uso do nitrogênio. Entretanto o uso da dose mais elevada com 300 kg ha^{-1} de N resultou em acumulações de quantidades tóxicas de ureia com a formação de amônia tóxica (produto da ação da urease), principalmente com o uso de NPBT, onde houve aumento nas necroses nos ápices das folhas novas, semelhantes aos descritos por Krogmeir et al. (1989). Porém tais efeitos foram transitórios e não foram observados no crescimento da rebrota do capim-Aruana.

4.9.1 Determinação do teor de nitrato nas lâminas foliares

Os teores de nitrato representados na Figura 9 demonstram maior acúmulo de nitrato no tratamento testemunha, com diminuição com as doses crescentes de N aplicados. Para a aplicação de ureia, os efeitos ajustaram-se linearmente a equação $Y_{UREIA} = -0{,}0693x + 43{,}767$ ($R^2 = 0{,}86$). Enquanto que para a ureia + NPBT, obedeceram ao ajuste quadrático $Y_{UREIA + NPBT} = 0{,}0003x^2 - 0{,}153x + 44{,}217$ ($R^2 = 0{,}55$). Apresentando menor acúmulo mediante a aplicação de 255 kg ha^{-1}.

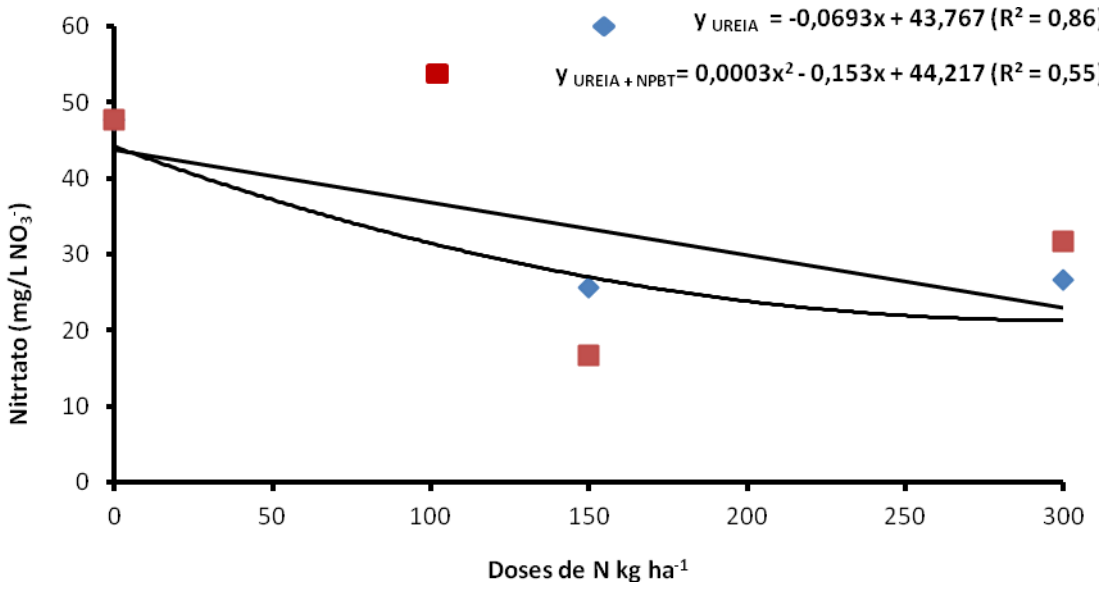


Figura 9. Determinação do teor de nitrato pelo método Quantofix® - mg/L NO_3^-

Embora a testemunha tenha apresentado maior acúmulo de nitrato, estes valores não são tóxicos para as plantas, pois segundo Paulino et al. (2011), este acúmulo representa um metabolismo mais lento devido a baixa participação de nutrientes (P, K e micronutrientes) do solo neste tratamento. Observa-se maior atividade nos tratamentos com doses crescentes de N, resultando em menor acúmulo de nitrato. Os valores máximos encontrados na avaliação do capim-Aruana, estiveram bem abaixo do limite de segurança para plantas forrageiras, de acordo com Thomas e Scheneider (2005), está entre 1.000 a 1.200 mg/kg. Lupinacci (2002), ao avaliar os teores de nitrato nas lâminas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, encontrou valores entre 70 a 260 mg/kg, estando acima do que foi observado neste estudo. Provavelmente a influência do controle local e a espécie estudada tenham contribuído para estes resultados.

A estimativa do nitrato pelo método Quantofix®, usando as fitas reativas trata-se de uma determinação semiquantitativa do nitrato e nitrito. O método empregado é simples, rápido e reflete o conteúdo instantâneo do nitrato, sendo possível a mensuração na seiva exsudada das folhas em crescimento ativo. Apesar de ser produzido a partir da redução do nitrato, não foi constatado acúmulo de nitrito nas plantas no período de avaliação utilizando este método.

4.9.2 Teores de clorofila *a* e *b* nas lâminas foliares

Nas Figuras 10 e 11 são apresentados os conteúdos de clorofila *a* e *b* encontrados nas lâminas foliares do capim-Aruana. De acordo com avaliação estatística, os conteúdos encontrados, representados em μg/cm², foram significativos (P<0,01) em função das doses elevadas de N. Na avaliação clorofila *a*, o tratamento que recebeu ureia exclusiva foi o que apresentou maiores conteúdos de clorofila, em 143,5% com relação à testemunha, sendo que o valor mais expressivo ocorreu na dosagem de 300 kg ha^{-1} de N. Por outro lado, os dados avaliados no tratamento que recebeu ureia + NPBT, comportaram-se de forma diferente, e os valores foram ajustados na equação quadrática negativa (Figura 11) para melhor representar as condições da participação deste parâmetro na aplicação da ureia + NPBT.

Os conteúdos de clorofila *a* para este tratamento foi de 124,6% em relação à testemunha em função da aplicação de 200 kg/ha^{-1} de N, tendo um decréscimo de 36% para a dose mais elevada de N (Figura 11). Provavelmente houve um efeito tóxico com a maior presença deste elemento na lâmina foliar. De acordo com Ribaski e Martins (2002), muitos fatores internos e do meio afetam a formação de clorofila e por essa razão o conteúdo nas folhas pode variar bastante, dentre estes fatores, está a luminosidade, temperatura, nutrientes e água, com consequente influência na fotossíntese.

Verifica-se nas Figuras 10 e 11, que os conteúdos de clorofila *b* foi inferior aos encontrados para clorofila *a*. Nota-se que a estratégia de adubação para os parâmetros estudados comportaram-se de forma significativas (P<0,01) em detrimento ao uso de ureia e ureia + NPBT, ou seja, no tratamento que recebeu a ureia o comportamento foi linear em função das doses, enquanto que a ureia + NPBT foi diferente, talvez uma resposta ao efeito tóxico, citado anteriormente.

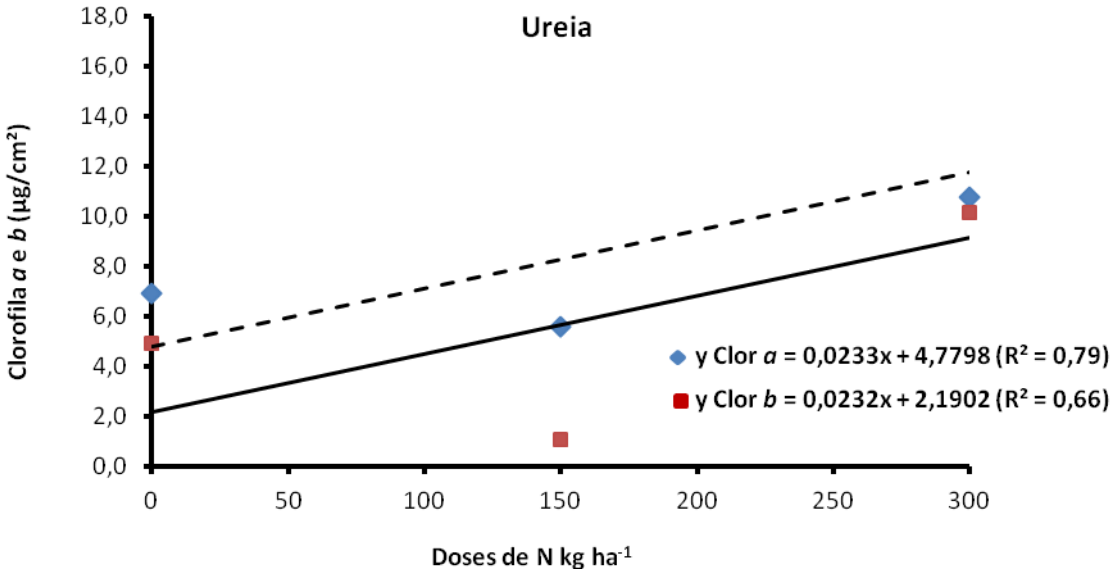


Figura 10. Conteúdos de clorofila *a* e *b* nas lâminas foliares, com aplicação de ureia exclusiva

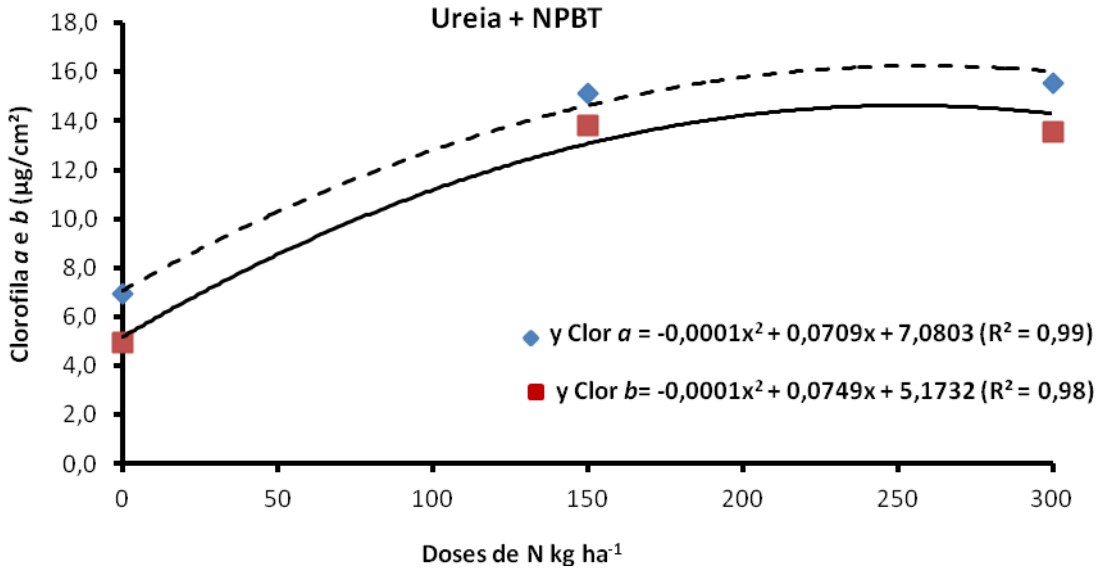


Figura 11. Conteúdos de clorofila *a* e *b* nas lâminas foliares com aplicação de ureia + NPBT

De qualquer forma, o conteúdo apresentado na clorofila *b* nas lâminas foliares com aplicação de ureia exclusiva foi de 174% e 181% para ureia + NPBT em relação ao encontrado na testemunha, entretanto, observa-se na Figura 11 uma alta diminuição do conteúdo de clorofila *b* nas doses mais elevadas de N, não acompanhando o ritmo evolutivo da equação. Provavelmente o N-n butil tiofosfórico Triamida pode ter

formado um quelato que alterou a síntese de clorofila, aprisionando o manganês (Mn) na sua estrutura, já que o Mn é precursor da síntese de clorofila.

Ao avaliar o conteúdo de clorofila *b* no tratamento que recebeu ureia + NPBT, os valores foram ajustados ao modelo quadrático de regressão, porém, a correlação entre clorofila *a* e *b* esteve bem próxima. Contudo, observa-se que os conteúdos de clorofila *b* são inferiores para a aplicação de ureia e ureia + NPBT. Esta ocorrência também foi observada por Kramer e Kozlowski, (1979). De acordo com os autores, normalmente a clorofila *a* é sempre mais abundante que a clorofila *b*.

Conforme descrito por Ribaski e Martins (2002), as estruturas da clorofila *a* e *b* é basicamente a mesma, no entanto, a clorofila *a* ocorre em todas as células fotossintetizadoras, desempenhando um papel fundamental no processo de bioconversão de energia. Os conteúdos de clorofila encontrados neste estudo são superiores aos encontrados por Wolff (2005), trabalhando com cultivares de aveia-branca, o maior conteúdo observado foi de 4,4 μg.

4.9.3 Estimativas do teor de clorofila através de unidades SPAD

Os resultados das leituras de clorofila obtida através do *Chlorophyll* Meter SPAD estão representados na Figura 12. Os valores obtidos na terceira lâmina expandida demonstraram significância ($P<0,01$) com doses crescentes de N, tanto para a ureia exclusiva quanto para ureia + NPBT. As leituras dos valores SPAD mantiveram uma forte correlação para as ureias utilizadas, apresentando ajuste ao modelo quadrático de regressão para os primeiros 20 dias de crescimento. Os maiores valores obtidos de SPAD foram de 39,9 e 42,59. Estimando-se valores máximos de SPAD mediante o emprego de 197 e 205 kg de N ha^{-1} para ureia e ureia + NPBT, respectivamente. Somente o tratamento testemunha apresentou valores de leitura SPAD de 23,1, valor este abaixo do considerado crítico.

De acordo com Paulino et al. (2009), valores de leitura SPAD acima de 38 são apresentados como adequados para amostragem de folhas de *Panicum*. Possivelmente, o nitrogênio proveniente da decomposição biológica da matéria orgânica do solo foi limitante para sustentar o acúmulo de biomassa seca, e devido ao menor crescimento houve um efeito de concentração nos conteúdos de N nas lâminas foliares (25,3 g kg^{-1}).

Na leitura realizada na segunda rebrota, os valores de SPAD mostraram efeitos significativos (P<0,01) com as aplicações de dose de N. Os valores máximos estimados de SPAD foram observadas nas doses de 287,7 kg ha^{-1} de N para ureia exclusiva e acima de 300 kg ha^{-1} para ureia + NPBT respectivamente, Figura 13. Abreu e Monteiro (1999) obtiveram valores semelhantes com capim-Marandu, aos 28 e 42 dias de crescimento, variando entre 32 e 45 e 18 e 38 para nitrogênio nas doses zero e máximo respectivamente.

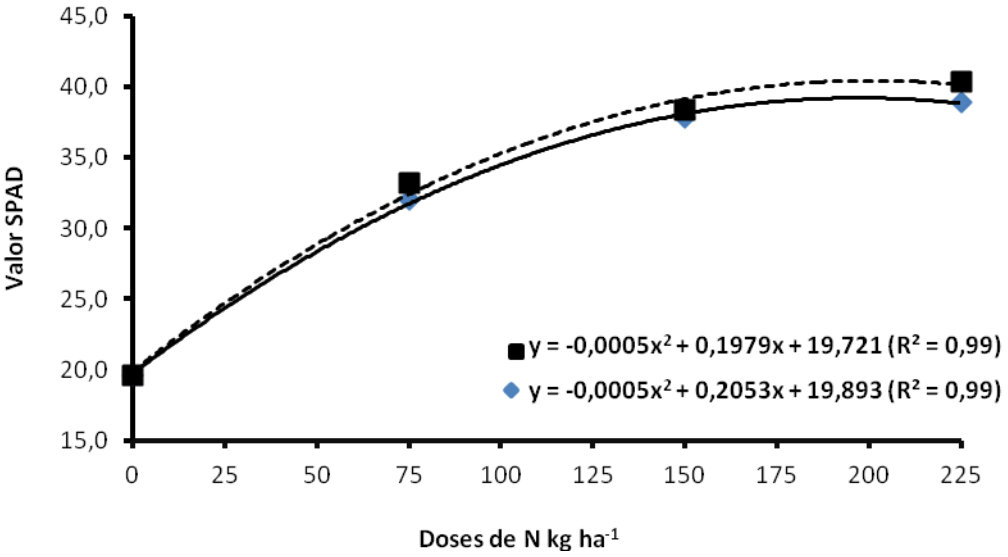


Figura 12. Leituras do valor SPAD do capim-Aruana em função da adubação nitrogenada. Dados do primeiro corte. Média de quatro repetições.

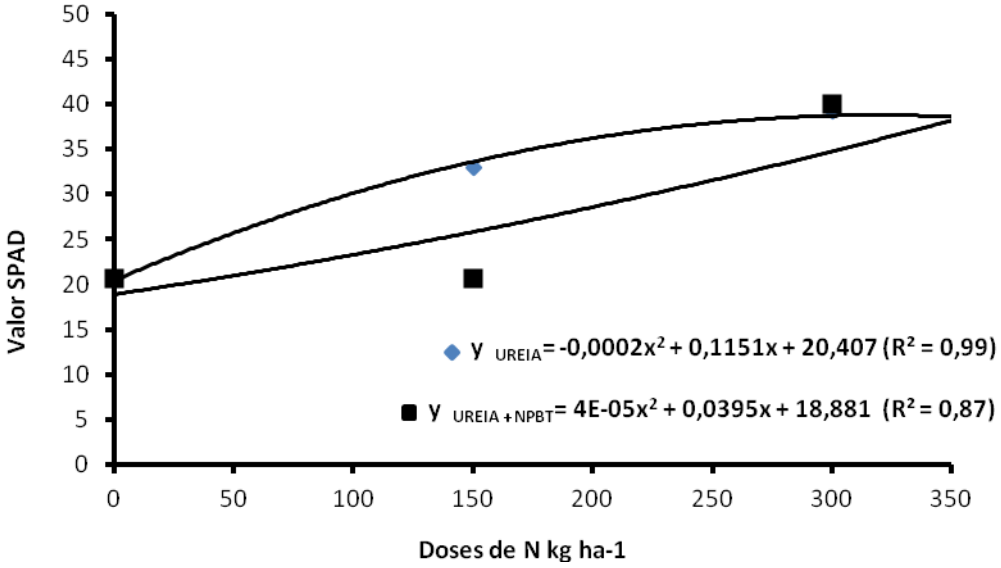


Figura13. Leituras do valor SPAD do capim-Aruana em função da adubação nitrogenada. Dados do segundo corte. Média de quatro repetições.

Lavres Junior e Monteiro (2006), observaram valor de SPAD no capim-Aruana, correspondente à concentração crítica de N no primeiro e segundo corte de 49 e 43 unidades, respectivamente. Os valores mais altos obtidos no segundo corte podem estar relacionados à estratégia de adubação potássica de reposição (72 kg ha^{-1} de K_2O), proporcionando melhor equilíbrio nutricional, resultando em maiores teores de clorofila. Manarin (2000), trabalhando com nitrogênio no capim-Mombaça, obteve leituras entre 41 e 45 do valor SPAD, no segundo corte, valores estes similares aos encontrados neste trabalho com capim-Aruana. Lavres Junior (2001), observou que à medida que aumentava a dose de N na solução nutritiva, ocorria um maior valor SPAD na planta, comprovando a relação nitrogênio/clorofila. Mais recentemente Artur (2010), observou resposta significativa no valor SPAD para as doses de N no capim-Marandu, com variação entre 32 e 54 no primeiro corte, enquanto que no segundo corte variou de 17 a 42 para a testemunha e a dose mais elevada, respectivamente.

Para Schröder et al. (2000), as leituras SPAD não são boas preditoras do excesso de N porque quando a disponibilidade desse nutriente é alta, nem todo o N é convertido em clorofila. Entretanto, segundo Brandão et al, (2009), na ocorrência de deficiência, esta é imediatamente refletida como baixa concentração de clorofila, a qual é medida com precisão pelo SPAD. De acordo com Hurtado et al. (2010) as leituras SPAD viabilizam o diagnóstico nutricional precoce das lavouras e serve como indicador da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura.

4.9.4 Análise de correlação simples entre as variáveis estudadas no capim-Aruana

A análise de correlação obtida no capim-Aruana mostrou haver correlação significativa ($P<0,01$) entre o índice SPAD e a BSL nas plantas que receberam ureia e ureia + NPBT, avaliadas no primeiro e segundo cortes. No segundo corte a correlação foi significativa no tratamento que recebeu ureia, entretanto, para ureia + NPBT, a significância ($P<0,05$) mostrou-se inferior para esta correlação (SPAD x BSL). Na análise realizada para os teores de nitrogênio e BSL, observou-se uma correlação positiva ($P<0,01$) no primeiro corte, tanto para a aplicação da ureia quanto para ureia + NPBT. Porém, no segundo corte a correlação para teor de N e BSL foi significativa ($P<0,05$) para ureia, mostrando para ureia + NPBT ($P<0,01$). A alta correlação obtida nos parâmetros avaliados é de grande valia para a diagnose precoce de nitrogênio, principalmente nas avaliações de SPAD e BSL, que possibilita resultados rápidos e

simples que podem ser realizados no campo (SPAD) através do clorofilômetro quando correlacionado com o acúmulo de biomassa seca. Observa-se na Tabela 10 que a correlação nos parâmetros avaliados de SPAD e BSP no primeiro corte mostrou significância (P<0,05) tanto para ureia como para ureia + NPBT, enquanto que no segundo, apontou efeito significativo apenas para a aplicação de ureia. Quando esta correlação é observada no teor de N e BSP, os valores são significativos (P<0,01) no primeiro corte para as fontes utilizadas, no entanto, verifica-se que no segundo corte a correlação é significativa somente para o uso de ureia exclusiva. De modo geral, quando correlaciona-se a biomassa seca total (BST), tanto para o parâmetro SPAD quanto o teor de N, mostra-se uma interação significativa (P<0,01) para ambas as ureias em detrimento aos cortes realizados.

Tabela 10. Análise de correlação simples (r) entre as variáveis avaliadas no capim-Aruana

	Índice SPAD				Teor de N			
Variáveis	**1º Corte**		**2º Corte**		**1º Corte**		**2º Corte**	
	Ureia	**U + I**	**Ureia**	**U + I**	**Ureia**	**U + I**	**Ureia**	**U + I**
BSL	0,96**	0,91**	0,97**	0,81*	0,92**	0,91**	0,80*	0,92**
BSP	0,86*	0,84*	0,90**	0,87*	0,98**	0,99**	0,97**	0,79*
BST	0,94**	0,89**	0,96**	0,89**	0,99**	0,98**	0,93**	0,87**
SPAD	-	-	-	-	0,92**	0,91**	0,89**	0,92**
Clor a	-	-	0,49^{ns}	0,86*	-	-	0,91**	0,24^{ns}
Clor b	-	-	0,47^{ns}	0,21^{ns}	-	-	0,83*	0,17^{ns}
Clor total	-	-	0,49^{ns}	0,25^{ns}	-	-	0,88*	0,20^{ns}

BSL – biomassa seca das lâminas, BSP – biomassa seca do pseudocolmo, BST – biomassa seca total, SPAD – índice de clorofila na folha, Clor *a* e *b* – índice de pigmento verde na folha, Clor total – soma da Clor *a* e *b*.

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.
* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.
ns – Não significativo.

Observa-se que índice SPAD e teor de N correlacionam-se no primeiro e segundo cortes em detrimento as fontes utilizadas, indicando o efeito significativo (P<0,01) de correlação para os parâmetros avaliados. Os resultados obtidos neste estudo

para a correlação entre índice de SPAD e teor de N, tem sido amplamente evidenciados na literatura, Colozza et al. (2000), Lavres Júnior e Monteiro (2006), Lavres Jr. et al. (2004) como um evento positivo, visto que o aumento da atividade da clorofila é dependente do nitrogênio assimilado pela planta. Conforme Paulino et al. (2009), trabalhando com dose de N em *Panicum*, observaram que, de acordo com o aumento nas doses de N, as leituras SPAD foram vistas com mais clareza em função do verde intenso nas lâminas foliares, enquanto que na ausência desse elemento as folhas mostravam-se com secamento do ápice para a base, apontando leituras inferiores. As correlações observadas para as clorofilas *a* e *b* não mostraram efeitos significativos para os parâmetros correlacionados.

4.9.5 Concentração de proteínas solúvel

As doses de adubação nitrogenada proporcionaram efeitos lineares no teor de proteína solúvel observado na Figura 14. Os valores foram ajustados a equação (R^2 = 0,72) para ureia exclusiva, sendo observada maior produção de proteína solúvel na aplicação de 300 kg de N ha^{-1} e (R^2 = 0,76) para o tratamento que utilizou ureia com inibidor. O menor valor de proteína solúvel foi encontrado na testemunha, ressaltando que na ausência de N há uma menor formação de aminoácidos.

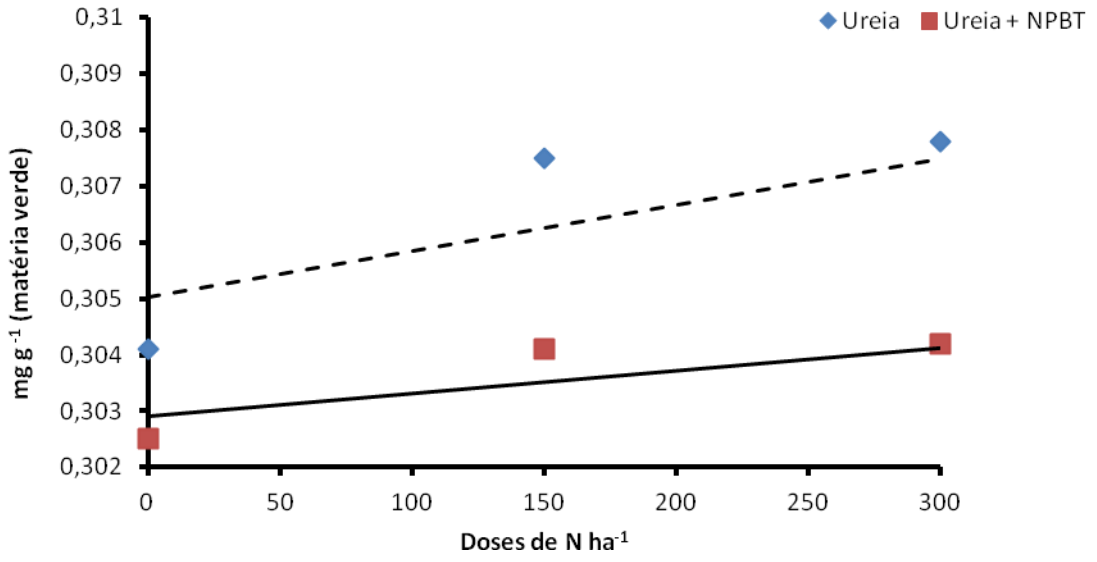


Figura 14. Teor de proteína solúvel nas lâminas foliares (mg g^{-1}) na matéria verde em função da adubação nitrogenada, dados do segundo corte.

Observa que a aplicação de ureia exclusiva possibilitou maior teor de proteína solúvel. É importante lembrar que a ureia com inibidor da urease permiti a liberação lenta do nitrogênio, devendo ter uma ação mais prolongada no solo (CANTARELLA, 2007), o que provavelmente não deveria influenciar a atuação deste elemento na formação de aminoácidos.

A proteína solúvel tem uma participação fundamental na produção animal, pois é aquela que está disponível para a absorção pelo animal, sendo um dos fatores que mais influi na degradação proteica no rúmen, pois a proteína solúvel tende a ser mais rapidamente ou completamente degradada (TAMMINGA, 1979). Quanto maior a quantidade de proteína solúvel, melhor a disponibilidade de proteína e aminoácidos para o animal. Os valores da fração solúvel da proteína obtida neste trabalho foram inferiores a encontrada por Prado et al. (2004), trabalhando com Mombaça, Estrela-roxa, Milheto e Aveia-preta, observaram valores acima de 0,40 mg g^{-1}. Estes autores utilizaram o percentual para estimar a unidade observada (acima de 40%). Balsalobre (1996) observou nas lâminas foliares do capim-Elefante o teor de 10% de proteína bruta na matéria orgânica, sendo que a parte solúvel representou cerca de 39% do total.

4.9.6 Valores bromatológicos da parte aérea do capim-Aruana

Os valores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) da parte aérea do capim-Aruana do 1º, 2º e 3º corte estão apresentados nas Tabelas 11, 12 e 13. Os parâmetros avaliados nas análises estão representados na matéria seca.

O teor de proteína bruta nas lâminas foliares do primeiro corte teve um comportamento linear positivo ($P<0,01$) em detrimento às doses crescentes de nitrogênio: $Y_{ureia} = 0,0326x + 16,605$ ($R^2 = 0,96$), e $Y_{ureia + NPBT} = 0,0294x + 16,574$ ($R^2 = 0,96$). O valor de PB obtida neste trabalho para as lâminas foliares no primeiro corte variou de 15,83 a 25,59% para o tratamento utilizando a ureia exclusiva e 15,83 a 24,74 para a ureia + NPBT. Estes valores são superiores aos encontrados no segundo corte que apresentou uma variação de 7,90 a 16,12 para a ureia e de 7,90 a 19,95 para a ureia contendo NPBT. Observa-se no segundo corte que a aplicação de 200 kg de N ha^{-1} contendo ureia + NPBT teve um aumento na produção de PB quando comparado a mesma aplicação para a ureia exclusiva. No terceiro corte os teores de PB foi menos

expressiva que os dois primeiros cortes 8,73 a 10,20 para ureia exclusiva e 8,73 a 11,17 para ureia + NPBT. De qualquer forma, o resultado obtido no terceiro corte denuncia o menor efeito residual do N contido no solo, ou seja, devido às perdas e a menor participação deste elemento no solo. Consequência disso é a baixa extração de N pela planta.

Verificam-se no primeiro e segundo corte que a ureia + NBPT não influenciou estatisticamente (P>0,10) no aumento do teor de PB quando comparado a aplicação da ureia exclusiva. Os resultados obtidos neste trabalho foram superiores aos valores descrito por Souza et al. (2008) utilizando adubação nitrogenada em *Panicum maximum* cv. Aruana. De acordo com os autores houve um incremento de forma linear nos teores de PB nas plantas inteiras, folha e colmo. Segundo Euclides, (2000) as gramíneas do genêro *Panicum*, quando imaturas, apresentam conteúdos de PB adequados à produção máxima. Segundo o autor, a adubação nitrogenada aumenta os teores de proteína bruta do capim-Aruana nas frações da planta inteira, colmo e lâmina foliar.

Os teores de PB encontrado nos pseudocolmos foram, como esperado, inferiores (P<0,05) ao encontrado nas lâminas, Tabelas 11,12 e 13, não sendo observada significância nas fontes utilizadas. Por outro lado, as doses foram significativas (P<0,01) para as aplicações de nitrogênio. Verifica-se na equação obtida para estimar o teor de PB no pseudocolmo $Y_{ureia} = 0,02x + 9,205$ ($R^2 = 0,99$) e $Y_{ureia + NBPT} = 0,0147x + 9,34$ ($R^2 = 0,93$) maior potencial de resposta em virtude das doses crescentes de N no primeiro corte. Os dados demonstram que a influência do nitrogênio foi maior no primeiro corte, obtendo uma média de 12,21% PB (ureia) e 11,54% PB (ureia + NPBT), enquanto que no segundo corte os valores médios esteve entre 5,65% PB (ureia) e 5,81% PB (ureia + NPBT). Já no terceiro corte, os teores de PB mostraram-se menos significativos, 4,87% (ureia) e 4,96% (ureia + NPBT). Considerando que o nível mínimo de proteína nos alimentos volumosos deve ser de 7% para que ocorra adequada fermentação ruminal (MINSON, 1984), neste experimento, independentemente dos níveis crescentes de N utilizado, quanto ao uso de ureia e ureia + NPBT, os teores de proteína bruta nas folhas do capim-Aruana foram satisfatórios. Porém, os teores de PB observados nos pseudocolmos do segundo e terceiro corte, não atenderiam as exigências proteicas mínima dos ruminantes. Entretanto, ressalta-se que os ruminantes em pastejo preferem folhas a colmos (CARVALHO et al., 2001).

Vários trabalhos na literatura apontam o efeito positivo da adubação nitrogenada no teor de PB (CECATO et al., 2001; CECATO et al., 2004; CALIXTO JÚNIOR et al., 2007; TEIXEIRA, 2010; VIANA et al., 2011). De acordo com Minson (1984) e Van Soest (1994), é necessária a ingestão de forragem com um mínimo de 6 a 8% de PB na MS para manutenção de um consumo voluntário adequado sem comprometer a digestibilidade. Os valores de PB encontrados no primeiro corte do capim-Aruana neste trabalho, resultam de uma forrageira com idade máxima de 30 dias após germinação e, normalmente a forragem jovem é composta por menores teores de carboidratos estruturais. Neste sentido, os teores de FDN e FDA foram significativamente baixos ($P<0,01$) no primeiro corte para as doses crescentes de nitrogênio. Esta ocorrência concorda com as observações feitas por Cecato et al. (2001), nas aplicações de nitrogênio em cultivares do gênero *Cynodon*.

No primeiro corte os teores de FDA apresentaram comportamento linear decrescente com relação às doses de nitrogênio, de forma que o menor teor obtido foi com a dose de 150 kg de N ha^{-1}. E os valores encontrados permaneceram entre 27,14 a 22,71% (ureia) e 27,14 a 22,49% (ureia + NPBT) para as lâminas e 34,65 a 29,78% (ureia) e 34,65 a 29,42% (ureia + NPBT) para os pseudocolmos. Já no segundo corte não houve diferença significativa ($P>0,05$) para os teores de FDA nas lâminas foliares, sendo observado aumento neste parâmetro em detrimento as doses de nitrogênio aplicado. Porém, em relação ao pseudocolmo os valores de FDA foram significativos ($P<0,01$) para as aplicações de nitrogênio, contribuindo de forma decrescente no acúmulo desta variável estudada.

Os valores observados permaneceram entre 35,56% para a testemunha e 30,63% para a maior dose aplicada de ureia, não diferindo da aplicação de ureia + NPBT. Estes dados não diferem estatisticamente ($P>0,01$) dos encontrados no terceiro corte, que apresentou uma diminuição média de 31% nas lâminas e 34,5% para o pseudocolmo. Os teores de FDA tem relação com os teores de lignina das forragens, determinando a digestibilidade da fibra, pois quanto menor o teor de FDA, menor será o teor de lignina, consequentemente há uma melhora na digestibilidade da forragem. Para Nussio et al. (1998) e Coelho et al. (2002), forragens com valores de FDA acima de 40% são consumidas em baixos níveis. Cano et al. (2004) trabalhando com capim-Tanzânia, obtiveram valores superiores aos encontrados neste estudo, mas, segundo os autores,

este fato se deve ao prolongamento do dossel forrageiro que possibilitou um incremento na parede celular.

No primeiro corte os teores de FDN foram influenciados significativamente (P<0,01) pelas doses de N. Os valores observados para este parâmetro demonstram uma diminuição de 10 a 24% para lâminas e pseudocolmo, respectivamente em relação a testemunha quando utilizado a dose de 225 kg de N ha^{-1}. Porém, os valores apresentados de FDN para as lâminas foliares, demonstram que o menor valor foi obtido na aplicação de 181 kg de N ha^{-1} para a ureia e 154 kg de N ha^{-1} para ureia + NPBT. Os valores foram ajustados a equação quadrática $Y_{ureia} = 0,0002x^2 - 0,0727x + 61,53$ ($R^2 = 0,89$) com 54,91% de FDN, $Y_{ureia + NPBT} = 0,0002x^2 - 0,0618x + 61,698$ ($R^2 = 0,93$) com 56,62% de FDN.

No segundo corte houve efeito significativo (P<0,01) para as doses de nitrogênio nas lâminas foliares, apresentando efeitos lineares negativo como demonstra na equação: $Y_{ureia} = -0,0181x + 66,66$ ($R^2 = 0,97$), $Y_{ureia + NPBT} = -0,0175x + 66,941$ ($R^2 = 0,98$). Os valores de FDN foram em média 13,85% menor nas lâminas foliares quando comparado à testemunha. Já para o pseudocolmo as aplicações de nitrogênio foram menos efetivas.

No terceiro corte o valor de FDN foi de 9,2% menor em relação à testemunha, com 63,36% para a aplicação de 450 kg de N ha^{-1} nas lâminas foliares. Enquanto que na maior dose de ureia + NPBT, o valor observado foi de 62,21%. De qualquer forma, os valores de FDN não diferenciaram entre si (P>0,05) quando comparado as fontes utilizadas. Este mesmo efeito foi constado no pseudocolmo, no qual apresentaram um valor médio de 68,9% de FDN para ambas as aplicações de ureia. Para Van Soest (1994), o teor de FDN é o fator mais limitante do consumo de volumosos, sendo que o valor dos constituintes da parede celular superiores a 55-60% na massa seca correlaciona-se de forma negativa com o consumo de forragem. Entretanto, de acordo com Euclides (1995), ao avaliar cultivares de *Panicum*, concluiu que valores de 55% de FDN são raros. Porém, valores superiores a 65% são comuns em tecidos novos, e teores entre 75 e 80% são encontrados em materiais de maturidade avançada.

Nos pseudocolmos o efeito nas aplicações de N no primeiro corte foi linearmente descrita nas equações $Y_{ureia} = -0,043x + 70,828$ ($R^2 = 0,95$) e $Y_{ureia + NPBT} = -0,0269x + 69,81$ ($R^2 = 0,79$) com valores decrescentes para os teores de FDN. Desta

forma, tanto no segundo como no terceiro corte os valores correspondente ao FDN nos pseudocolmos mantiveram-se estatisticamente (P>0,01) inalterados em função das doses e o uso de ureia e U + NPBT, (68,58%), (68,90%) respectivamente. Os efeitos da adubação nitrogenada registrada neste estudo, não foram observados por Quadros e Rodrigues (2006), que conduziram um trabalho em pastagem com o objetivo de avaliar os efeitos de quatro doses de nitrogênio sobre a composição química de gramíneas do gênero *Panicum*. De acordo com os autores, observaram que os conteúdos de FDN não sofreram interferência bem definida da adubação, ajustando-se, geralmente, a uma equação cúbica. Além disso, relatam que os teores de FDN e FDA foram maiores no colmo que nas folhas.

Os valores de DIVMS para lâminas foliares no primeiro corte são considerados muito bons, cerca de 82,50%. Porém, não houve diferença estatística (P>0,5280) tanto para as estratégias de adubação quanto para o uso de ureia e U + NPBT utilizadas na avaliação de digestibilidade do capim-Aruana. Esta ocorrência também foi constatada por Cecato et al. (2004). Os autores estudaram a influência de adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico-bromatológica do capim-Marandu e verificaram que o suprimento de nitrogênio não melhorou a DIVMS da planta forrageira. No presente estudo, quando comparado o primeiro com o segundo corte, a atuação da adubação nitrogenada na DIVMS foi em média 20% menor para ambas as aplicações de ureia e U + NPBT utilizadas no segundo corte, apresentando um valor médio de 69,56% na MS. Somente nas doses de ureia exclusiva com aplicação de 100 e 200 kg ha^{-1} houve melhorias para este parâmetro. Este evento pode ser observado também no terceiro corte para as mesmas doses de adubação nas lâminas foliares, tanto para ureia quanto para ureia + NPBT. Demonstrando que a aplicação de 450 kg de N ha^{-1} influenciou (P<0,01) positivamente na DIVMS em 25%, e as equações de regressão comprova o efeito positivo para este parâmetro $Y_{ureia} = 0,0357x + 64,78$ ($R^2 = 0,96$) e $Y_{ureia + NPBT} = 0,0382x + 66,934$ ($R^2 = 0,97$), apresentando cerca de 81,97% na dose mais elevada.

Segundo Corsi (1984), a adubação nitrogenada pode influenciar positivamente a digestibilidade da matéria seca das forrageiras, pois estimula o crescimento de tecidos novos e reduz a porcentagem dos carboidratos estruturais. Os valores de DIVMS observados neste estudo, possivelmente estejam relacionados à presença de massa seca de melhor qualidade, por se tratar de uma forragem com componentes estruturais (folhas, colmos etc.) mais tenros, que compreende em maior consumo voluntário de

matéria seca. De acordo com os dados estatísticos, no primeiro e segundo corte a avaliação da DIVMS no pseudocolmo, demonstra uma variabilidade inversa ($P<0,010$) entre as doses de N. Os dados para este parâmetro apresentam valores decrescentes em relação as doses crescentes de N para as aplicações realizadas de ureia e U + NPBT. Foram observados valores de 53,65% a 67,28% e 60,32% a 64,51% para o primeiro e segundo corte respectivamente de DIVMS. No terceiro corte este parâmetro apresentou um comportamento linear positivo ($P<0,01$) em detrimento às doses crescentes de nitrogênio $Y_{ureia} = 0,0257x + 60,389$ ($R^2 = 0,8499$), $Y_{ureia + NPBT} = 0,0231x + 61,666$ ($R^2 = 0,959$), variando de 61,02% a 71,19%. Segundo o AFRC (1993), a digestibilidade *in vitro* da matéria seca de forragens tropicais está em torno de 60%, o que coincide em grande parte com os resultados obtidos neste trabalho. Para Van Soest (1994), a fertilização nitrogenada tende a reduzir a digestibilidade das plantas forrageiras e esse fato está relacionado com o aumento dos compostos nitrogenados. Além disso, Rocha et al. (2001) citam, que geralmente, a digestibilidade não se altera quando se estudam crescentes níveis de N dentro de uma mesma idade nas gramíneas forrageiras. De qualquer forma os valores encontrados neste estudo para DIVMS, reafirmam a tese da tenracidade do capim-Aruana no consumo voluntário dos ruminantes.

Os teores de celulose, lignina e hemicelulose do primeiro, segundo e terceiro cortes estão representados nas Tabelas 11, 12 e 13. Os teores de celulose observados no primeiro corte reduziram significativamente ($P<0,01$), com o aumento das doses de N. Pode-se observar no primeiro corte que foram registrados valores médios de 24,33; 21,29; 19,93 e 19,84% para as plantas adubadas com ureia exclusiva com 0, 75, 150 e 225 kg de N ha^{-1}, respectivamente, com redução de 23% na aplicação da dose mais elevada. Para o tratamento da ureia + NPBT não houve efeito significativo ($P>0,01$) para as doses crescentes de adubação nitrogenada. No segundo corte a redução foi de 10% do teor de celulose, e os valores médios foram mais elevados em relação ao primeiro corte, permanecendo entre 26,83 a 22,14%, enquanto que no terceiro os valores médios estiveram entre 27,17 a 22,46% com redução de 20% para este parâmetro. Na avaliação deste parâmetro nos pseudocolmos do 1º, 2º e 3º corte como esperado, mostraram-se mais elevados que nas lâminas, não apresentando diferença significativa ($P>0,05$), com valores médios de 30, 22,5 e 23,3% na MS, respectivamente, acima das médias apresentadas nas lâminas foliares.

Pode-se observar a importância da adubação nitrogenada na redução deste constituinte, pois segundo Van Soest (1994) a celulose representa a porção de maior importância da estrutura da parede celular, sua disponibilidade nutricional varia de indigestível a completamente digestível, dependendo do grau de lignificação.

A adubação nitrogenada não influenciou no teor de lignina (P>0,05) nas lâminas foliares do primeiro, segundo e terceiro corte sendo registrados valores médios de 2,26, 2,32 e 2,43% respectivamente, para as aplicações de ureia exclusiva e ureia + NPBT. Este resultado difere de Silva (2006), utilizando adubação nitrogenada observou redução à medida que aumentava a dosagem de N no solo. Porém, os valores observados nos pseudocolmos foram influenciados pelas doses crescentes de N, e para o uso de ureia e U + NPBT. De fato, os valores encontrados nos três cortes tanto para as lâminas foliares quanto para os psedocolmos demonstra a influência da adubação nitrogenada na manutenção dos componentes da parede celular da forrageira.

O aumento na produtividade animal está relacionado na disponibilidade e no valor nutricional das pastagens. Entretanto, a qualidade do material disponível ao arraçoamento dos animais nem sempre atende os requisitos básicos de mantença, e, geralmente a ingestão de matéria seca aumenta com a maior participação da proteína bruta dos alimentos. Visto que, a baixa ingestão de proteína causa redução no apetite ocasionando sérias limitações no desempenho animal (NRC, 1985). De acordo com Berchielli et al. (2011), o consumo é o item que desempenha um papel importantíssimo na nutrição, é por meio do consumo que se determina o nível de nutrientes ingerido, favorecendo o desempenho animal.

Daí a importância do conhecimento dos teores dos componentes nutricionais da planta com base na matéria seca, que permite a comparação de diversos nutrientes. A importância do teor de PB decorre da sua essencialidade direta para o organismo animal. A quantificação do teor de FDN e FDA são importantes, pois possui relação inversa com a ingestão voluntária de forragem e com o conteúdo em energia líquida da matéria alimentar.

Tabela 11. Teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) das lâminas foliares e pseudocolmo do capim-Aruana no 1º corte. Doses de ureia e ureia com inibidor da urease (NPBT).

N kg ha^{-1}	Lâminas – Ureia				Lâminas – Ureia + NPBT				Pseudocolmos – Ureia				Pseudocolmos – Ureia+NPBT			
	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)
0	15,83	27,14	61,94	81,76	15,83	27,14	61,94	81,76	8,98	34,65	71,50	67,28	8,98	34,65	71,50	67,28
75	20,63	23,98	54,91	82,99	20,34	24,42	56,62	83,55	11,41	32,04	64,86	60,01	11,02	33,26	64,88	66,66
150	23,90	22,71	55,74	82,12	23,05	24,29	57,38	82,24	13,52	31,21	63,54	54,44	12,94	32,06	63,84	53,65
225	25,59	22,75	56,23	82,82	24,74	22,49	59,37	82,95	14,93	29,78	57,60	55,89	13,24	29,42	62,88	57,43

Celulose (CEL), lignina (LIG), hemicelulose (HEM) das lâminas foliares e pseudocolmos do capim-Aruana no 1º corte. Doses de ureia e ureia + NPBT.

N kg ha^{-1}	Lâminas – Ureia			Lâminas – Ureia + NPBT			Pseudocolmos – Ureia			Pseudocolmos - Ureia+NPBT		
	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)
0	24,33	2,26	34,80	24,33	2,26	34,80	28,82	2,84	34,93	28,82	2,84	34,93
75	21,29	2,26	30,93	21,71	2,17	32,20	28,19	1,81	34,95	29,35	2,34	34,62
150	19,93	2,25	33,03	21,05	2,31	33,09	27,28	2,25	35,11	28,09	2,21	35,47
225	19,84	2,26	33,48	22,20	2,10	34,33	26,73	2,26	35,58	26,64	2,05	35,32

Tabela 12. Teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) das lâminas foliares e pseudocolmo do capim-Aruana no 2º corte. Doses de ureia e ureia com inibidor da urease (NPBT).

N kg ha^{-1}	Lâminas – Ureia				Lâminas – Ureia + NPBT				Pseudocolmos – Ureia				Pseudocolmos – Ureia+NPBT			
	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)
0	7,90	27,65	67,20	63,11	7,90	27,65	67,20	63,11	4,57	35,56	69,06	64,51	4,57	35,56	69,06	64,51
25	10,42	28,93	63,03	62,21	9,95	29,87	64,27	65,83	6,18	33,20	66,65	68,52	4,57	34,03	69,61	61,49
50	13,22	27,89	61,46	73,00	16,34	28,87	60,99	73,57	7,46	32,26	67,69	66,13	7,05	32,12	68,94	60,32
75	16,12	29,13	58,69	76,38	19,95	29,08	59,53	79,29	7,39	30,63	68,48	68,53	7,07	30,40	69,15	63,72

Celulose (CEL), lignina (LIG), hemicelulose (HEM) das lâminas foliares e pseudocolmos do capim-Aruana no 2º corte. Doses de ureia e ureia + NPBT.

N kg ha^{-1}	Lâminas – Ureia			Lâminas – Ureia + NPBT			Pseudocolmos – Ureia			Pseudocolmos - Ureia+NPBT		
	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)
0	26,83	2,51	31,71	26,83	2,51	31,71	33,90	3,76	35,73	33,90	3,76	35,73
25	26,68	2,27	34,10	25,44	2,21	34,41	30,18	2,57	36,19	30,15	3,20	35,46
50	24,56	2,10	33,60	23,91	2,31	32,19	30,33	2,81	36,11	29,20	2,60	36,63
75	22,19	2,40	29,56	22,14	2,10	30,57	28,40	2,48	36,48	27,76	2,55	36,73

Tabela 13. Teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (DIVMS) das lâminas foliares e pseudocolmo do capim-Aruana no 3º corte. Doses de ureia e ureia com inibidor da urease (NPBT).

N kg ha^{-1}	Lâminas – Ureia				Lâminas – Ureia + NPBT				Pseudocolmos – Ureia				Pseudocolmos – Ureia+NPBT			
	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	DIVMS (%)
0	8,73	33,72	68,56	65,83	8,73	33,72	68,56	65,83	3,99	40,85	67,79	61,02	3,99	40,85	67,79	61,02
150	7,70	30,71	66,40	68,07	7,77	29,42	65,59	73,81	4,35	33,81	69,95	62,00	4,22	34,93	70,70	65,55
300	9,01	27,85	66,75	76,45	8,31	27,27	63,35	79,43	5,51	33,26	69,60	70,69	4,94	33,02	69,48	69,70
450	10,20	25,84	63,36	80,87	11,17	25,35	62,21	83,07	5,63	31,58	68,22	70,97	6,71	30,93	67,63	71,19

Celulose (CEL), lignina (LIG), hemicelulose (HEM) das lâminas foliares e pseudocolmos do capim-Aruana no 3º corte. Doses de ureia e ureia + NPBT.

N kg ha^{-1}	Lâminas – Ureia			Lâminas – Ureia + NPBT			Pseudocolmos – Ureia			Pseudocolmos - Ureia+NPBT		
	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)	CEL (%)	LIG (%)	HEM (%)
0	27,17	2,70	35,14	27,17	2,70	35,14	33,95	3,78	35,69	33,95	3,78	35,69
150	26,75	2,25	35,69	25,56	2,27	36,17	29,99	2,63	36,14	29,72	3,08	35,77
300	24,79	2,04	37,90	23,98	2,31	36,33	32,59	2,88	36,37	29,03	2,59	36,45
450	22,52	2,76	37,52	22,46	2,25	36,89	28,26	2,29	36,77	27,47	2,62	36,71

4.9.7 Extração e Recuperação de N (lâminas foliares e pseudocolmo)

A aplicação de nitrogênio resultou em incrementos significativos (P<0,01) nas quantidades extraídas de N pelo capim-Aruana. Houve aumento linear na extração de N, com doses crescentes deste elemento para todos os cortes avaliado (Figuras 18 e 19). Em relação ao uso de ureia e U + NPBT, observam-se as proximidades nas correlações de extração na parte aérea do capim (ureia R^2 = 0,96 e ureia + NPBT R^2 = 0,94); (ureia R^2 = 0,98 e ureia + NPBT R^2 = 0,95); (ureia R^2 = 0,98 e ureia + NPBT R^2 = 0,90) no primeiro, segundo e terceiro corte, respectivamente.

Observa-se no primeiro corte que a extração de N pelas lâminas foliares e pseudocolmos foi 81% superior ao segundo corte, que foi 41% superior em relação ao terceiro. Porém, proporcionalmente os valores de extração para o terceiro corte de ureia + NPBT foram 13 vezes superior à testemunha (25,5 – 327,42 mg kg^{-1}), enquanto que na maior extração representada pelo primeiro corte foi 9 vezes em relação à testemunha (75,92 – 669,92 mg kg^{-1}) na dose 0 e 225 kg ha^{-1} de N, respectivamente. Esta diferença pode estar relacionada, além da dosagem inicial de nitrogênio, ao N residual e outras fontes de nutriente presente no solo, visto que, o solo utilizado neste estudo possuía uma saturação elevada. Ainda assim, verifica-se no terceiro corte um valor ainda menor de extração, porém, a produção de biomassa seca total (Tabela 4) demonstra que não houve diferença para outros cortes, o que poderia influenciar na maior ou menor extração deste elemento. De acordo com Primavesi et al. 2006; Carvalho et al. 2006 e Costa et al. 2008, dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) e o potássio (K) são os mais extraídos pelas gramíneas forrageiras e que muitas vezes a resposta produtiva é baixa em função da falta de interação entre estes elementos.

Calculando-se os efeitos individuais da extração de N pelo pseudocolmo, é possível verificar que no primeiro corte os valores estiveram entre 6,9, 35,24, 93,88 e 121,79 mg ha^{-1} para ureia e 6,9, 36,26, 83,18 e 102,3 mg ha^{-1} para ureia + NPBT, com as doses de 0, 75, 150 e 225 kg/ha de N, respectivamente. As extrações de nitrogênio foram mais baixas no segundo corte em relação ao primeiro e segundo.

De modo geral, as lâminas foliares tiveram como esperado, maiores teores de N que nos pseudocolmos, este evento se deve ao processo metabólico que ocorre com maior intensidade nas lâminas. Na ausência de aplicação de N foram registradas menores concentrações desse elemento, porém, a extração de N foi maior na dose mais

elevada, tanto para o tratamento com ureia quanto para a ureia + NPBT. Costa et al. (2010), relatam que esta ocorrência pode ser explicada pelo aumento de produção de massa seca nessa dose, em que a planta exigiu uma quantidade maior de nutrientes para obter sua produção. Por outro lado, independente da dose aplicada, fatores como níveis de umidade e nutrientes no solo, cultivar, populações de plantas, manejo, entre outros, pode variar muito a demanda de extração de nitrogênio pela planta (WERNER et al., 2001).

Oliveira et al. (2005) trabalhando com fertilização na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu observaram que a eficiência no uso de nitrogênio foi prontamente acompanhada pelo aumento na extração de N, com maior acúmulo deste elemento na parte aérea da planta. Primavesi et al. (2004), utilizando ureia e nitrato de amônio também obtiveram maior extração com a dose máxima aplicada de N para as duas fontes utilizadas. Segundo Barbosa et al. (2004) a exigência de uma cultura como a forrageira é proporcional a quantidade de nutrientes que ela é capaz de extrair do solo. Maraschin (1988) citado por Primavesi et al. (2004) relata que a retirada de nutrientes do solo pelos cultivares de *Cynodon* tende a ser elevada com altos rendimentos de forragem e, com o aporte de N, aumenta a produção de matéria seca exigindo maiores doses de adubos.

Na avaliação da recuperação deste elemento representada nas Tabelas 20 e 21, o percentual de N recuperado pelas lâminas foliares no primeiro corte, estiveram entre 10,65 a 16,51% para o tratamento que recebeu ureia exclusiva e 9,77 a 14,27% com ureia + NPBT. Os valores foram significativos ($P<0,05$) para as doses crescentes de N até a estratégia de aplicação de 150 kg ha^{-1}, com decréscimo para a dosagem mais elevada 225 kg ha^{-1}, sendo ajustada a equação quadrática negativa, $Y_{ureia} = -0,0002x^2 + 0,1152x + 1,0079$ ($R^2 = 0,87$) $Y_{ureia+NPBT} = -0,0002x^2 + 0,1098x + 0,3617$ ($R^2 = 0,98$).

Os valores para lâminas foliares representados nestas equações para o primeiro corte, concluem que tanto para a aplicação de ureia quanto para U + NPBT, a recuperação de N foi expressiva acima da dose de 225 kg ha^{-1}. No segundo corte os valores registrados para este parâmetro demonstram efeitos negativos em função da maior dose de N para as duas aplicações de ureia, evidenciando baixa correlação (ureia $R^2 = 0,44$) e (ureia + NPBT $R^2 = 0,59$) para as adubações nitrogenadas. Os dados para recuperação de N no terceiro corte comprovam a significância ($P<0,05$) para as

aplicações de N, de modo que os valores corroboram com a baixa influência na extração de N neste corte.

De acordo com Vilas Bôas et al. (2005), as perdas de N por volatilização, desnitrificação e lixiviação são as grandes responsáveis pela baixa recuperação de fertilizantes nitrogenados pelas culturas. Este evento pode ser visto na tabela 9, onde a avaliação do pseudocolmo para recuperação de N foi maior nas doses de 150 kg ha^{-1} no primeiro e terceiro corte e de 50 kg ha^{-1} no segundo corte, entretanto os valores estão abaixo dos representados na literatura. Os valores mais elevados no parâmetro avaliado nos pseudocolmos são (2,90, 2,54), (1,31, 1,33), (2,31, 2,29) para ureia e ureia + NPBT, no primeiro segundo e terceiro corte, respectivamente.

Corsi (1984), explica que a recuperação do nitrogênio aplicado pode ser maior que 80% em gramíneas tropicais desde que o fertilizante seja adequadamente aplicado. Os valores encontrados neste estudo estão abaixo dos citados por Silva et al. (2011), que teve uma variação de 4,0; 27 e 34% na aplicação da dosagem de 300 kg ha^{-1}, correspondente a parte aérea. Segundo Espindula, (2010), a recuperação do N dos fertilizantes nitrogenados pode variar com a espécie vegetal, práticas de manejo, propriedades do solo, condições ambientais e fonte de N utilizada. Primavesi et al. (2006), trabalhando com doses de N nas fontes de nitrato de amônio e ureia no capim-Marandu, verificaram que a recuperação do N aplicado variou com as fontes e doses de N, demonstrando que devido o aumento das doses de N ocorreu redução na recuperação para ambas as fontes, sendo maior para a fonte de nitrato de amônio. Para Silva et al. (2011), a recuperação de N no capim-Marandu diminuiu a medida que aumentava as doses de N aplicadas.

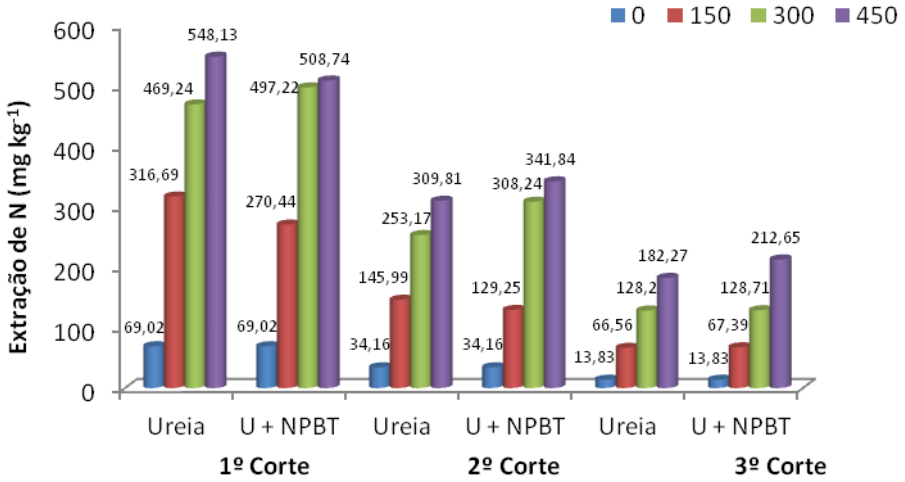


Figura 15. Extração de N nas lâminas foliares (mg kg^{-1})

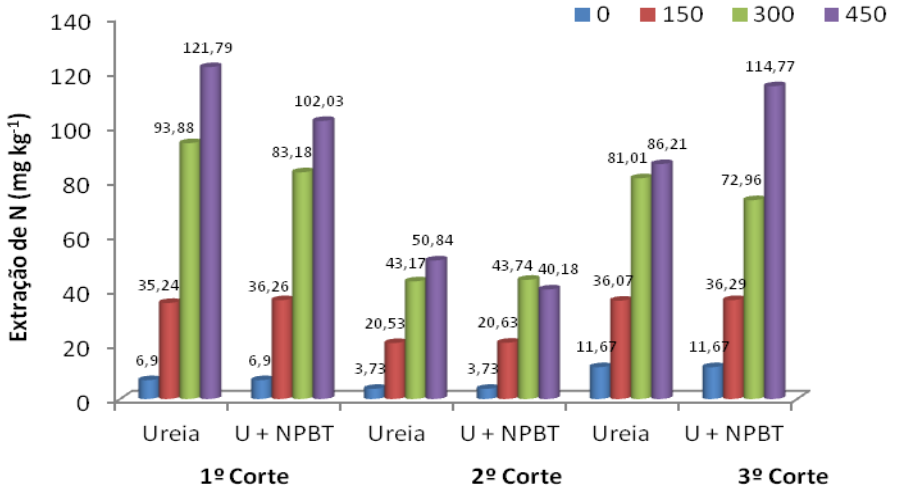


Figura 16. Extração de N nos pseudocolmos (mg kg^{-1})

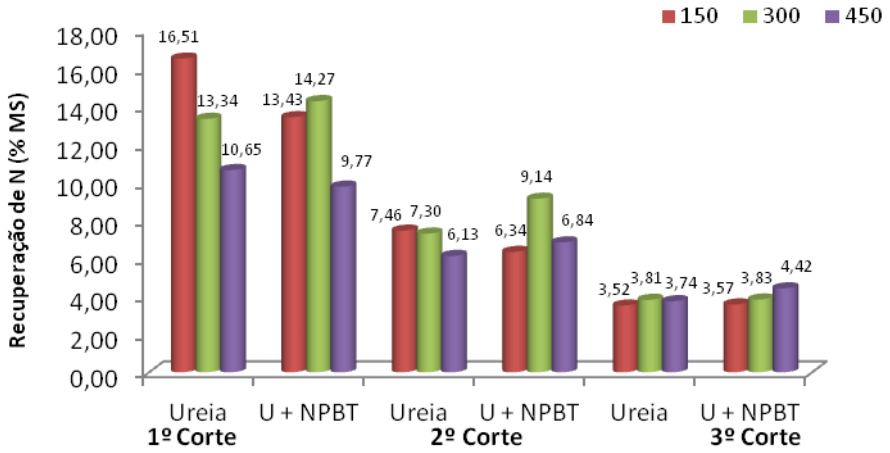


Figura 17. Recuperação de N nas lâminas foliares (% MS)

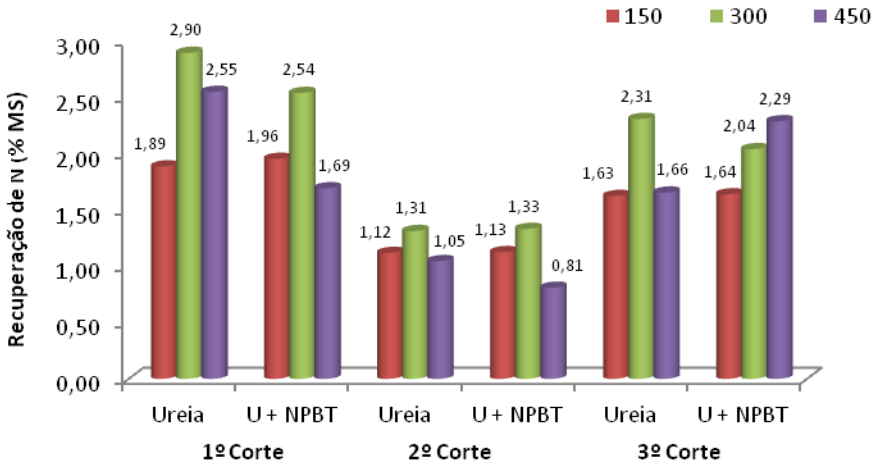


Figura 18. Recuperação de N nos pseudocolmos (% MS)

4.9.8 Composição química do solo

Na Tabela 14 são apresentados os resultados da composição química do solo Latossolo Vermelho textura argilosa após a coleta do solo e após o cultivo do capim-Aruana (*Panicum maximum*, Jacq.). O solo estudado apresentou originalmente valores de pH que configuram uma acidez fraca, de matéria orgânica, conteúdos de P e H + Al médio, Ca e Mg altos e V % (saturação por bases) alta.

Após o cultivo das gramíneas forrageiras devido a extração de nutrientes houve uma diminuição nos conteúdos de K, Ca, Mg, soma das bases, CTC e índice de saturação por bases e pequenas elevações na acidez potencial.

Tabela 14. Composição química do solo original, após o cultivo do capim-Aruana.

Solo	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	$CaCl_2$		mg dm^{-3}							
		g kg^{-1}				mmol dm^{-3}				%
SO	6	34	10	3,4	54	25	22	82,4	104,6	79
AC*	5,1	44	25	6,4	23	13	38	42,0	81,0	52,0

SO solo original, AC* solo após o cultivo (Média dos tratamentos).

4.9.9 Micronutrientes presente no solo após o cultivo

O resultado da composição química dos micronutrientes do solo após o cultivo é apresentado na Tabela 15. Não foram observados efeitos significativos das doses, das fontes e da interação doses x fontes sobre o conteúdo dos micronutrientes (P>0,05). Os níveis de Cu, Fe, Mn e Zn mostraram-se acima dos valores encontrados no solo original (Tabela 2), estes resultados apresentam maior disponibilidade destes micronutrientes no solo, que é o mínimo recomendado para plantas forrageiras (WERNER et al., 1997).

Tabela 15. Micronutrientes (ppm) presentes no solo após o cultivo.

Tratamento	Cu		Fe		Mn		Zn	
	(mg dm^{-3})							
	Ureia	U + I	Ureia	U + I	Ureia	U + I	Ureia	U + I
0	6,00	6,95	9,55	11,00	34,30	42,50	2,05	1,95
150	6,40	7,40	12,00	11,50	49,00	43,25	2,25	2,40
300	5,80	6,20	9,95	13,00	49,30	43,00	3,20	3,10
450	8,20	7,00	13,20	13,11	47,81	42,84	2,85	3,00

4.9.9.1 Efeito do nitrogênio na acidificação do solo

Os valores de pH em função das doses e fontes de N são apresentados na Figura 16. Houve redução no pH do solo determinado em cloreto de cálcio, com incremento nas doses de N aplicadas, sendo o efeito de ureia + NPBT de amônio mais acentuado que ureia. Sabe-se que tanto para fertilizantes amoniacais e a ureia que, durante sua transformação no solo pelos microorganismos, liberam H^+ no solo que gera a acidez. As reações dos fertilizantes nitrogenados podem ser resumidas de uma maneira geral, como se segue:

Fertilizantes amoniacais: $2NH_4^+ + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+$

Ureia: $CO(NH_2)_2 + 2H_2O \longrightarrow (NH_4)_2CO_3$, o amônio reage no solo como descrito acima.

O H^+ produzido libera um cátion trocável para a solução do solo, que pode ser lixiviado com o ânion acompanhante, intensificando a acidificação do solo. A decomposição da matéria orgânica aumenta a acidez por ser a amônia um dos primeiros produtos formados. Quando a amônia é convertida a nitrato, H^+ é liberado, aumentando, assim a acidez, semelhante ao que acontece com a adição de fertilizantes nitrogenados.

$2NH_3 + 3O_2 \xrightarrow{\text{Bactérias}} 2NO_{3-} + 6H^+$

O nitrogênio adicionado ao solo está prontamente disponível para a planta, visto que o mesmo apresenta baixos conteúdos de matéria orgânica e de argila. Porém esse solo não é capaz de reter umidade o que pode se constituir num fator de incremento da volatilização de amônia. Ocorreram aumentos na acidificação em função dos níveis de

N, os valores de pH situaram-se nas faixas de ocorrência de 5,1 a 4,4 para ureia e de 5,1 a 4,3 para a ureia + NPBT (Figura 22). As reduções nos valores de pH mediante o uso de ureia foram de 0,0017 para cada kg de N aplicado, enquanto que para ureia +NPBT foram de 0,0019.

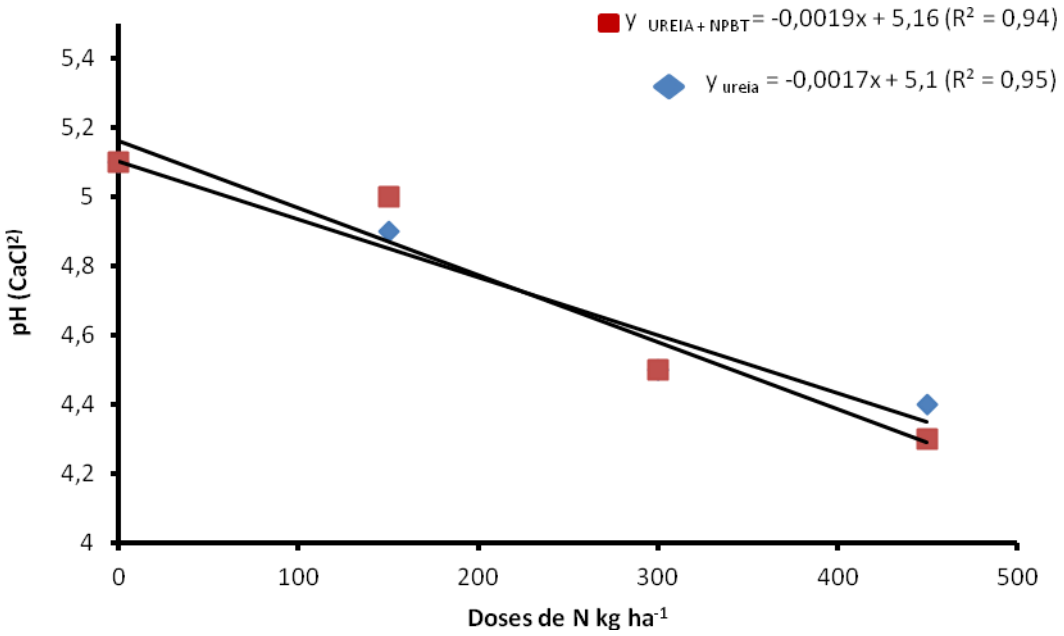


Figura 19. Valores de pH após o cultivo do capim-Aruana, em função das doses e fontes de nitrogênio**.**

A saturação por base do solo sofreu reduções significativas (P<0,05) após o cultivo do capim-Aruana, em função das doses de N aplicadas. Estas diminuições obedeceram a efeitos lineares, e não houve diferenças significativas entre as fontes de nitrogênio. As maiores produções de biomassa mediante a aplicação de N resultaram em maiores extrações de cátions trocáveis tais como Ca, Mg e K, com consequente redução no índice de saturação por bases.

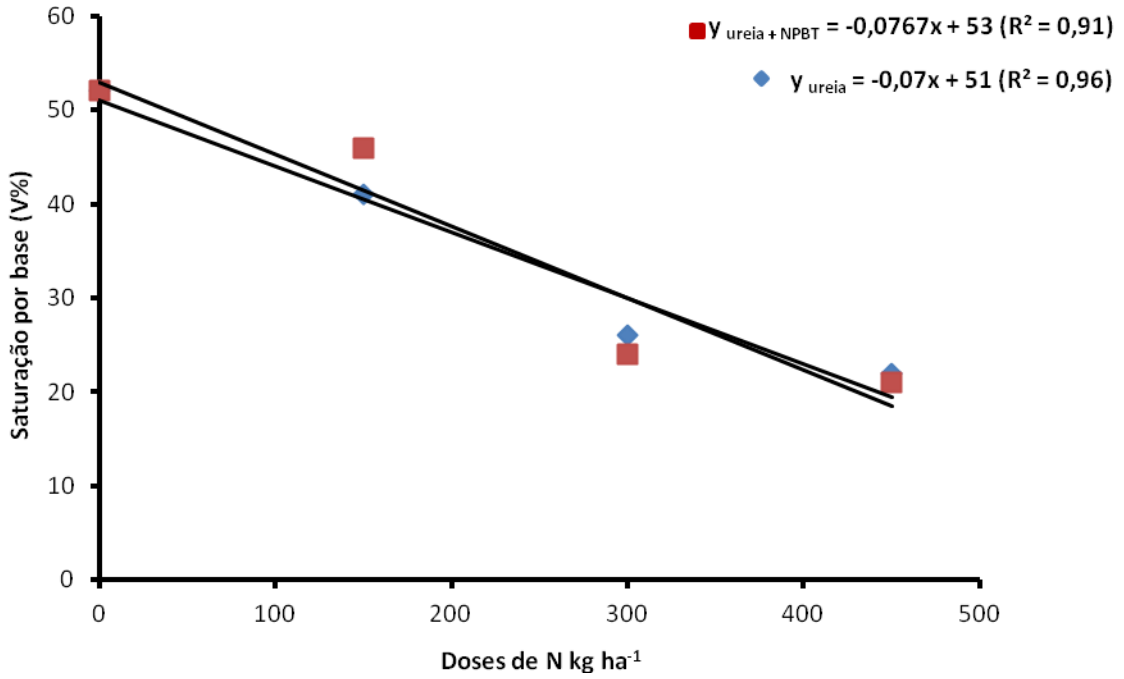


Figura 20. Valores de saturação por base após o cultivo do capim-Aruana, em função das doses e fontes de nitrogênio**.**

5. CONCLUSÃO

De maneira geral, o uso de nitrogênio proporcionou aumentos para os parâmetros avaliados em função das proporções mais elevadas deste elemento. Entretanto, apesar de relatos advindos da literatura sobre a eficácia da adição de NPBT na ureia, não foi constatado, neste estudo realizado em um solo de alta fertilidade natural, uma melhor eficiência quando comparado a aplicação da ureia exclusiva. Como não houve diferença entre o uso da ureia e ureia + NPBT testadas, é necessário avaliar a relação do custo/beneficio deste produto na formação e recuperação de pastagens.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J.B.R.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição do capim-Marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, 56:37-146, 1999.

ANDRADE, R.D. **Características estruturais e produtivas das cultivares Marandu e Xaraés adubadas com nitrogênio e potássio em diferentes intervalos após o corte**. (Dissertação de Mestrado), Diamantina: UFVJM, 28p8. 2009.

AFRC-Agricultural and Food Research Council. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993.

AGUIAR, A.P.A. O primeiro passo a caminho da prevenção do processo de degradação da pastagem. **Revista ABCZ**, n. 63, p.26-29 – julho/agosto 2011.

ALEXANDRINO, E. et al. Características morfogênicas e estruturais na rebrotação da Brachiaria brizantha cv.Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1372-1379, 2004.

ARNON D. I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975.

ARTUR, A.G. **Adubações com nitrogênio e enxofre: frações no solo, características estruturais, nutricionais, produtiva e uso da água pelo capim-Marandu**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 113p. 2010.

BALSALOBRE, M. A. A. et al., Composição química e fracionamento do nitrogênio e os carboidratos do capim-Tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v.32, n.3, p.519-528, 2003.

BALSALOBRE, M.A.A. **Desempenho de vacas em lactação sob pastejo rotacionado em capim-elefante**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996. 127p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996.

BARBOSA, F.A., VILELA, H., BENEDETTI, E. Efeito de níveis de adubação de manutenção sobre a produção de pastagem de *Panicum maximum* e leguminosas em pastejo. **Anais. ...,** Aspectos econômicos. In: ZOOTEC. Brasília. 2004.

BARBOSA, N.G.S. et al. Fermentação da proteína de seis alimentos por microrganismos ruminais, incubados puros ou com monensina ou rumensin®. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, pp. 1316-1324, 2001.

BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JR., D.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Características mor fogêni c a s e a cúmulo de forragem do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv, Tanzânia) em dois resíduos forrageiros pós-pastejoe. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.583-593, 2002 .

BARCELLOS, de A.O. et al., Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira Zootecnia**. v.37, n.spe, p. 51-67, 2008.

BEEVERS, L.; HAGEMAN, R.H. Nitrate reduction in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology, Rockville**, v.20, p.495-522, 1969.

BENNETT, E. Slow-release fertilizers. **Virginia Gardener Newsletter**, Blacksburg, v.11, n.4., 1996. Disponível em: <www.ext.vt.edu/>

BEZERRA NETO, E. BARRETO, L.P. **Métodos de análises químicas em plantas**. Recife: UFRPE.149p. 2004.

BERCHIELLI, T.T. et al. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2ª Ed. 583p. 2011.

BOGDAN, A.V. Tropical posture and fodder plants – **Grasses and legumes**. London and New York, 475 p., 1977.

BONFIM-SILVA, E.M. **Nitrogênio e enxofre na recuperação de capim-braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, (Tese de Doutorado) 123p. 2005.

BOMFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim - braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1641-1649, 2010.

BONA FILHO, A. **Qualidade nutricional das plantas forrageiras, Forragicultura** – UFPR, 24p. 2010.

BONO, J.A.M. et al., Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Agrarian**, v.1, n.2, p.91-102, out./dez. 2008.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the determination of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analitical Biochemistry**, v.72, p .248-254 – 1976.

BRAGA, G.J. et al. Fotossíntese e taxa diária de produção de forragem em pastagens de capim-Tanzânia sob lotação intermitente. **Revista Agropecuária Brasileira**, v.44, n. 1, p. 84-91, 2009.

BRAGA, G.J. **Resposta do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) a doses de nitrogênio e intervalos de corte**. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2001. 121p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2001.

BRANDÃO Z, N. et al. **Predição da adubação nitrogenada através da utilização do índice SPAD para o algodoeiro no semi-árido**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal , v. 6, n. 3, p. 368-382, set /dez 2009.

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn**. Journal of Production Agriculture,** v. 8 (1) 56-60, 1995.

BREDEMEIER, C., MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas**. Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BYRNES, B.H. Liquid fertilizers and nitrogen solutions. In: INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER. **Fertilizer manual**. Alabama, Kluwer Academic, p.20-44. 2000.

CALIXTO JÚNIOR, M.; JOBIM, C.C.; CANTO, M.W. Taxa de desidratação e composição químico-bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) em função de níveis de adubação nitrogenada. Semina: **Ciências Agrárias**, v.28, n.3, p.493-502, 2007.

CANO, C.C.P. **Produção, dinâmica de perfilhamento e qualidade do capim-Tanzânia-1 (*Panicum maximum* Jacq) pastejado em diferentes alturas**. Maringá: UEM, 2002. 90p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Estadual de Maringá, 2002.

CANO, C.C.P. et al. Valor nutritivo do Capim-Tanzânia (Panicum maximum Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecni**a, Suplemento.v. 33, n.3, p.1959-1968, 2004.

CANTARELLA, H. et al. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.67, p.215-223, 2003.

CANTARELLA, H. et al. **Ammonia losses of NBPT-treated urea under Brazilian soil conditions**. In: International Fertilizer Association International workshop on enhanced-efficiency fertilizers, 2005, Frankfurt, Alemanha. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers. Paris, França: International Fertilizer Industry Association, 2005. v. 1. (CD Rom)

CANTARELLA, H. et al. Fertilidade do solo: Nitrogênio, 2 ed. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 375- 470, 2007.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. O uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da ureia. I n : Simpósio sobre informações recentes para otimização da produção agrícola, Piracicaba, 2007. **Anais...** Piracicaba, International Plant Nutrition Institute, v.1. p.2-19. 2007.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. In: FANCELLI, A. L. (Ed.). Milho: **Nutrição e Adubação**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, p. 36-55. 2008.

CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO, H. M. N.; POLI, C. H. E. C. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, p.853, 2001.

CECATO, U. et al. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a composição químico bromatológica do capim - Marandu (*Brachiaria brizantha*) (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 2 6, n.3, p.409-416, 2004.

CECATO, U. et al., Avaliação de cultivares do gênero Cynodon com e sem nitrogênio. **Acta Scientiarum -** Maringá, v. 23, n. 4, p. 781-788, 2001

CECATO, U. et al. Avaliação da produção e de algumas características de rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.660-668, 2000.

CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKE R, M.J. (Ed.). **Grasslands for our world**. Wellington: SIR, p.55-64. 1993.

CHIEN, S.H.; PROCHNOW, L.I; CANTARELLA, H. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. **Advances in Agronomy**, v. 102, p.267-322, 2009.

COAN, R.M.; REIS, R.A **Adubação nitrogenada em pastagens**: eficiência no processo. Nota de consultoria, 4p. 2011.

COELHO, R.W. et al., Doses crescentes de nitrogênio e a qualidade da forragem do capim-Elefante Anão)*Pennisetum purpureum* Schum.) Cv. Mott. **Documentos 100**. EMBRAPA Clima temperado. Pelotas. 13p. 2002.

COLOZZA, M.T. **Rendimento e diagnose foliar dos capins Aruana e Mombaça cultivados em Latossolo Vermelho-Amarelo**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", (Tese de Doutorado). 127p. 1998.

COLOZZA, M.T. et al., Respostas de *Panicum maximum* cultivar aruana a doses de nitrogênio. **Boletim da Indústria animal**, N. Odessa,v.57, n.1, p.21-32, 2000.

CONTIN, T.L.M. **Ureia tratada com o inibidor da urease NBPT na adubação de cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, (Dissertação de Mestrado), 69 p. 2007.

CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter production, tillering and quality of the tropical Grass *Panicum maximum*, Jacq**. Thesis (Doctor of Philosophy) – The Ohio State University, Ohio, 125f.1984.

CORSI, M., NUSSIO, L.G. Manejo do capim elefante: correção e adubação do solo. In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 10. Piracicaba. **Anais...** , Piracicaba: FEALQ, p. 87-117. 1992.

CORRÊA, L.A. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim-coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**., v.36, n.4, p.763-772, 2007.

COSTA, K.A.P. et al. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-Marandu: II., nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, p.1601-1607, 2008.

COSTA, K.A.P. et al. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 115-123, jan./mar. 2009.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-Marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. vol.62, n.1, p. 192-199, 2010.

CRAWFORD, N.M. et al. Nitrogen and sulfur. In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. (Eds.). Biochemistry and molecular biology of plants. Rockville: **American Society of Plant Physiologists**, p.786-849, 2000.

CRAWFORD, N.M.; GLASS, A.D.M. Molecular and physiological aspects of nitrate uptake in plants. **Trends in Plant Science**, v.3, n.10, p.389-395, 1998.

CRAWFORD, N.M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth. **The Plant Cell**, Rockville, v.7, p.859-868, 1995.

CRUZ, A.C.F. et al. Métodos comparativos na extração de pigmentos foliares de três híbridos de Bixa orellana L**. Revista Brasileira de Biociências**, v.5, Supl .2, p.777-779, 2007.

DIEST, V.A. Volatilización del amoníaco en los suelos anegados, y sus repercusiones en el rendimiento de arroz. Noticiarios de la Comisión Internacional del arroz, **FAO**, v. 37, p. 1-6, 1988.

DOMINGUEZ et al. **Workshop Maximização da eficiência e minimização dos impactos ambientais da adubação nitrogenada.** IAC – 2008.

DUARTE, F. M. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de uréia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade **- Ciência Rural**, v.37, n.3, p.705-711, 2007.

DUARTE, F. M. **Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e eficiência da adubação nitrogenada na cultura do arroz irrigado**. (Dissertação de mestrado) – Santa Maria, 85 f. 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 412 p. 1999.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants**: **principles and perspectives.** Sunderland: Sinauer Associates, 400p. 2005.

ESPINDULA, M.C. et al. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.6, p.1404-1411, Nov./dez., 2010.

ESPINDULA, M.C. **Adubação nitrogenada e redutores de crescimento na cultura de trigo** (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG. 73p. 2007.

EUCLIDES, V.P.B. et al. Características do pasto de capim-Tanzânia adubado com nitrogênio no final do verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1189-1198, 2007.

EUCLIDES, V.P.B. **Produção intensiva de carne bovina em pasto**, II Simcorte-Simpósio de Produção de Gado de Corte: O encontro do boi verde amarelo, Viçosa MG, 14 a 17 de junho de 2001.

EUCLIDES, V.P.B. Evaluation of *Panicum maximum* cultivars under grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17. 1993. Palmerston North, **Proceedings…** Palmerston North. New Zealand Grassland Association, 1993a. p.1999-2000.

EUCLIDES, V.P.B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero Panicum. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.245-303. 1995.

FAGUNDES, J.L. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**., v.35, n.1, p.21-29, 2006.

FAGUNDES, J.L. et al. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**., v.35, n.1, p.30-37, 2006.

FERREIRA, M.M.M. et al. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres** v.53 p.83-92. 2006.

GARCEZ NETO, A.F. et al. Respostas morfogênicas e estruturais de Panicum maximum cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1890-1900, 2002.

GERDES, L. et al. Avaliação de características das gramíneas forrageiras Marandú, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.29, n.40 – p.955-963. 2000.

GERDES, L. et al. Características do dossel forrageiro e acúmulo de forragem em pastagem irrigada de capim-Aruana exclusivo ou sobre-semeado com uma mistura de espécies forrageiras de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1088-1097, 2005.

GERANDÁS, J.; SATTELMACHER, B. Significance of Ni supply for growth, urease activity and the concentrations of urea, amino acids and mineral nutrients of urea-grown plants. **Plant and Soil**, v.190, p.153-162, 1997.

GIL, P.T. de et al. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira** v.20, n. 4 p.611-615. 2002.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Produção de ruminantes em pastagens, **Anais...** 24º Simpósio sobre manejo de pastagem. Piracicaba, FEALQ, p.7-33, 2007.

GOMIDE, J.A. et al. Consumo e produção de leite de vacas mestiças em pastagens de *Brachiaria decumbens* manejada sob duas ofertas diárias de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1194-1199, 2002.

GOMIDE, J.A. Aspectos biológicos e econômicos da adubação de pastagens. In: Favoretto, V.; Rodrigues, L.R.A. Simpósio sobre ecossistema de pastagens, 1, 1989, Jaboticabal, **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p. 237-270. 1989.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Fundamentos e estratégias do manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999. **Anais...** Viçosa, p.179-200. 1999.

GRACE, J. et al. Carbon Dioxide Uptake by an Undisturbed Tropical Rain Forest in Southwest Amazonia, 1992 to 1993. **Science**, v. 270, n.3, p. 778-782, 1995.

GUILHERME, L.R.G.; VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**: dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 171p. 1995.

HARGROVE, W.L. Soil, environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B. R. e KISSEL, D. E., eds. **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Alabama, NFDC, TVA, p.17-36. 1988.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Essex, England, Longman Scientific e Technical, 203p. 1990.

HOGAN, M.E.; SWIFT, I.E.; DONE, J. Urease assay and ammonia release from leaf tissues. **Phytochemistry**, v.22, p.663-667, 1983.

HURTADO, S.M.C. et al. Sensibilidade do clorofilômetro para diagnóstico nutricional de nitrogênio no milho. **Ciência e agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 688-697, maio/jun., 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**, referente ao ano de 2010.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 12., Piracicaba. **Anais...** FEALQ, p.21-58. 2001.

JUAN, Y.H. et al. Kinetics of soil urease affected by urease inhibitors at contrasting moisture regimes. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutricion Vegetal**, v. 9, p. 125-133, 2009.

JUSSIEU, A.L. **Genera Plantarum**. Herissant et Teophilum Barrois, Paris. 1789.

KRAJEWSKA, B. Ureases I. Functional, catalyt ic and kinetic properties: A review. **Journal of Molecular Catalysis B Enzimatic,** v.59, n 1-3, p.9-21, 2009.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. Fisiologia das árvores. Lisboa: **Fundação Calouste Gulbenkian**, 745 p. 1979.

KROGMEIER, M.J. et al. Phytotoxicity of foliar-applied urea. **Proc. Natl. Acad. Sci.** U.S.A.M, v.86, p.8189-8191, 1989.

KÖPPEN, W. Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra. México: **Fondo de Cultura Econômica,** 479p. 1948.

LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: MANNETJE, L.; JONES, R.M. (Eds.) Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Wallingford: **CABI Publication**, p.103-121. 2000.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1068-1075, 2003.

LAVRES JR., J. et al. Yield and morphogenesis of Aruana grass as related to nitrogen supply. **Scientia Agrícola**, v. 61, p.632-639, 2001.

LAVRES JR., J.; MONTEIRO, F.A. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-Aruana em condições controladas. **Revista Brasileira Ciências Solo**, v.30, p.829-837, 2006.

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

LICHTENTHALER, H.K.; WELLBURN, A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions,** v.11, p. 591 – 592, 1983.

LIMA, E. V. et al. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macro-nutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, v.58, p.125-129, 2001.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos. (**Boletim Técnico, 4**). 3ª edição revisada e atualizada – São Paulo, ANDA, 60p.2000.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A.; HALL, A.E. Agricultural productivity. **Annual Review of Plant Physiology**, v.22, p.431-468. 1971.

LUCENA, M.A.C. **Características agronômicas e estruturais *de Brachiaria spp* submetidas a doses e fontes de nitrogênio em solo de Cerrado**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Zootecnia. APTA/SAA. Nova Odessa - SP, 101p. 2011.

LUPINACCI, A.V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em Brachiaria brizantha cv. Marandu submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, 160 f, 2002.

MacADAM, J.W.; VOLENEC, J.J. ; NELSON, C.J. effects of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall fescue leaf blades. **Plant Physiology**, v.89, p. 549-556, 1989.

MAKINO, A.; MAE, T.; OHIRA, K. Relation between nitrogen and ribulose 1,5 biphosphate carboxylase in rice leaves from emergence through senescence. **Plant Cell Physical**, v.25, p.429-37, 1984.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação. 3.ed. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 594p. 1981.

MALAVOLTA, E.; VITTI, E. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas (princípios e aplicações)**, 2 ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319p. 1997.

MANARIN, C.A. **Respostas fisiológicas, bioquímicas e produtivas do capim-Mombaça a doses de nitrogênio**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – ESALQ/USP, 58p. 2000.

MARASCHIN, G.E. Manejo de plantas forrageiras dos gêneros Digitaria, Cynodon e Chloris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 9, 1988, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p.109-139. 1988.

MARANHÃO, C.M. et al. Produção e composição bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum Animal**, v. 31, n.2, p.117- 122, 2009.

MARTUSCELLO, J.A. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1475-1482, 2005.

MARTUSCELLO, J.A. et al. Produção de gramíneas do gênero Brachiaria sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.

MATTOS JUNIOR, D. de; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. **Perdas por volatilização do nitrogênio fertilizante aplicado em pomares de citros**. Laranja, v.23, p.263-270, 2002.

MAZZANTI, A.; MARINO, M.A.; LATTANZI, F. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de Avena y Raigrás anual en el sudeste Bonariense. Montivideu: INTA, (**Boletim técnico, 143**) 1997.

MENGUEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4 ed. Bern: **International Potash Institute**, 687p.1987.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Dordrechth: Kluwer Academic Publishers, 849p. 2001.

MIMURO, M.; KATOH, T. Carotenoids in photosynthesis: absorption, transfer and dissipation of light energy. **Pure & Appl. Chern**., v. 63, n. 1, p. 123-130, 1991.

MINSON, D.J. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. In: HACKER, J.B. (Ed.) Nutritional limits to animal production from pasture. St. Lucia: **Commonwealth Agriculture Bureaux**, p.187-192, 1984.

MINOLTA, C. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Osaka, **Minolta Radiometric Instruments Divisions**, 1989.

MONTEIRO, F. A. Amostragem de solo e de planta para fins de análises químicas: métodos e interpretação de resultados. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 22, 2005, Piracicaba, SP, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005.

MULDER, E.G.; BOXMA, R.; VAN VENN, W.L. The effect of molybdenum and nitrogen deficiencies on nitrate reduction in plant tissue. **Plant and Soil**, v.10, p.335-355, 1959.

MURISIER, F.M. Optimisation du rapport feuillefruit de la vigne pour favriser la qualité du raision el l'accumulation des glucides de reserve. Thèse (doctorat) - **école Pol. Fédérale de Zurich**, Zurich, 132 f. 1996.

NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: Peixoto, A. M., Moura, J. C., Faria, V. P. (eds.) **Anais...** 13° Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Tema: Produção de bovinos a pasto. FEALQ, Piracicaba, SP, p.15-95. 1996.

NAGANO, N.R. Efeito da adubação nitrogenada e altura de corte sobre o capim Tanzânia. **Scientia Agraria Paranaenis**, v. 10, n 1 - p 100-112. 2011.

NASCIMENTO Jr., D. et al., Fundamentos para o manejo de pastagens: evolução e atualidade. In: OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO Jr., D. (Eds.). Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem 1, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p.149-196. 2002.

NATIONAL RESEARCH CONCIL - NRC. **Nutrient requirements of sheep**. Washington, D.C.: National Academy Press, 99p. 1985.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; PEDREIRA, C.G.S. Valor alimentício em plantas do gênero Cynodon. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.203-242. 1998.

OLIVEIRA, L. et al. Características agronômicas e atividade da redutase do nitrato em plantas de Campomanesia sp. sob estresse hídrico. **Agrarian**, América do Norte, 4, mai. 2011. <http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/> Acesso em: 07 Out. 2011.

OLIVEIRA, P.P.A. et al. Fertilização com nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de Brachiaria brizantha cv. Marandu em Neossolo quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34:1121-1129, 2005.

PACIULLO, D.S.C. **Características anatômicas e nutricionais de lâminas foliares e Colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 104p. 2000.

PACIULLO, D.S.C. et al. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. Mott. 1. rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.6, p.1069-1075, 1998.

PAULINO, V.T. et al. **Sustentabilidade de Pastagens Consorciadas** – Ênfase em Leguminosas Forrageiras., 2009. Disponível em

<http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1243276570.pdf> Acesso em 12 ago. 2011.

PAULINO, V.T. et. al., Sustentabilidade de pastagens – Manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa. In: 8º Congresso Brasileiro de Raças Zebuínas **– Anais...** Simpósio - "Pecuária Tropical Sustentável: Inovação, Avanços Técnico-Científicos e Desafios", Uberaba – MG, ABCZ 14/19 ago – 206p. 2011 (CD-ROM).

PEDREIRA, B.C.; PEDREIRA, C.G.S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés Brachiaria brizantha (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 773-779, 2007.

PETERSON, R.A. **Efeito do corte ou pastoreio sobre as plantas**. In: PETERSON, R.A.(Ed.) Fundamentos de manejo de pastagens. 1.ed. São Paulo: Instituto de Zootecnia, p.37-62. 1970.

POLACCO, J.C.; HOLLAND, M.A.Genetic control of plant ureases. In: **Genetic Engineering** (Setlow, J.K., ed.), Plenum Press, New York - vol. 16, p.33-48 1994.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas** – São Paulo: Ed. UNESP, cap. 04 p. 83-120, 2008.

PRADO, I. N. do et al. Degradabilidade in situ da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de algumas gramíneas sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.33, n.5, p. 1332-1339, 2004.

PRIMAVESI, O. et al. Calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* recuperada com adubação nitrogenada em cobertura. **Circular Técnica 37,** 2004.

PRIMAVESI, A.C. etal. **Nutrientes na fitomassa de capim-Marandu em função de fontes e doses de nitrogênio**. Ciência e Agrotecnologia, v.30, n.3, p.562-568, 2006.

QUADROS, D. G. de; RODRIGUES, L. R. de A. Valor nutritivo dos capins Tanzânia e Mombaça adubados com doses de nitrogênio, em sistema de pastejo rotacionado. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.28, n.4, p.385-392, 2006.

RAWLUK, C. D. L.; GRANT, A. C.; RACZ, G.J. Ammonia volatilization form soils fertilized with urea and varying ratews of urease inhibitor NBPT. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 81, p 239-246, 2001.

REYNOLDS, C. M.; WOLF, D. C. Effects of soil moisture and air relative humidity on ammonia volatilization from surfaces-applied urea. **Soil Science**, v. 143, n. 2, p. 144-152, 1987.

REIS, R. A.; COAN, R. M. Adubação nitrogenada em pastagens: eficiência no processo. **Boletim – COAN**, 4p. 2011

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. **Amonização de volumosos**. Jaboticabal: FUNEP, 22p. 1993.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Embrapa Florestas, n. 53, p. 179-194, 2006.

RICHARDS, R.A. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, 2000, p. 447-458.

RICHARDSON, A.D.; DUIGAN, S.P.; BERLYN, G.P. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. **New phytologist**, v.153, n.1, p.185-194, 2002.

RIBASKI, J; MARTINS, E. G. Relação entre o conteúdo de pigmentos foliares em algaroba (Prosopis juliflora) e sua capacidade de produzir frutos, na região semi-árida brasileira – Colombo: Embrapa Florestas (**Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 10), 19 p. 2002.

RIVERO, S. et al. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova economia**, v. 19, n. 1, 2009.

ROCHA, G.P. et al. Digestibilidade e fração fibrosa de três gramíneas do gênero *Cynodon.* **Ciência agrotecnologia**, v.25, n.2, p.408-416, mar./abr., 2001.

RODRIGUEZ, M.B.; KIEHL, J.C. Distribuição e nitrificação da amônia proveniente da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira da Ciência Solo,** v.16, p. 403-408, 1992.

ROMA, C.F.C. **Produção e valor nutritivo da forragem, características morfogênicas e de perfilhamento do capim-Tanzânia fertilizado ou não com nitrogênio sob pastejo.** (Dissertação de mestrado) UEM - Maringá, 64 f. 2009.

ROSA NOVA, C. **Estabelecimento de pastagens de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. em consórcio com sorgo forrageiro, sob fontes de fósforo, no cerrado tocantinense**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Tocantins (UFTO), Gurupi, TO – 58p, 2008.

SANTOS, A. R. **Diagnose nutricional e respostas do capim braquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre**. Piracicaba. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 115 p. 1997.

SANTOS, J.H.S. **Proporções de nitrato de amônio na nutrição e produção dos capins Aruana e Marandu**. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 92p. 2003.

SANTOS, L.E. et al. Ovinos e o capim-Aruana: a associação ideal – **Informativo UNESP**. ano 101, nº 627. 1998.

SAS INSTITUTE SAS/STAT Cary, , NC, USA,.Release 9.1, 2003.

SCHEURWATER, I. et al. The contribution of roots and shoots to whole plant nitrate reduction in fast- and slowgrowing grass species**. Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 374, p. 1635-1642, 2002.

SCHNYDER, H. et al. An integrated view of C and N uses in leaf growth zones of defoliated grasses. In: LEMAIRE, G., HODGSON, J., MORAES, A., et al. (Eds.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Wallingford: **CAB International**. p.41-60. 2000.

SCHRÖDER, J. et al., Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v.66, p.151-164, 2000.

SCOPEL, W.; BARBOSA, J.Z. VIEIRA, M.L. Extração de pigmentos foliares em plantas de canola. **Unoesc & Ciência** – ACET, v. 2, n. 1, p. 87-94, 2011.

SILVA, C.C.F. **Morfogênese e produção de braquiárias submetidas a diferentes doses de nitrogênio**. (Dissertação de mestrado – Itapetinga BA: UESB, 72p. 2006.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 235p. 2009.

SILVA, D.R.G. et al. Eficiência nutricional e aproveitamento do nitrogênio pelo capim-marandu de pastagem em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, vol.35, n.2, p. 242-249. 2011.

SMART, R.E. Principales of grapewine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality: a review. **American journal of Enology and viticulture**, Davis, v.36, n.3, p. 230-239, 1985.

SOARES FILHO, C.V. **Recomendação de espécies forrageiras. Nota de aula**, Universidade Estadual de São Paulo – UNESP – Araçatuba, SP. 2010.

SOARES, A.B.; RESTLE, J. Adubação nitrogenada em pastagem de triticale mais azevém sob pastejo com lotação contínua: recuperação de nitrogênio e eficiência na produção de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, 2002.

SODEK, L. Metabolismo do nitrogênio. In: KERBAUY, G. B. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 94-113. 2004.

SOFIATTI, V. et al. Determinação da concentração de pigmentos da fotossíntese em folhas de algodoeiro por meio do clorofilômetro portátil clorofilog-10301. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 852-858. 2009.

SOLOMONSON, L.P.; BARBER, M.J. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 41, p.225-253, 1990.

SORIA, L.G.T. **Produtividade do capim-Tanzânia (Panicum maximum Jacq. Cv. Tanzânia) em função da lâmina de irrigação e da adubação nitrogenada**. 170 f. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SOUTO, S.M.; ARONOVICH, S. Tolerância à seca em forrageiras tropicais - Aspectos agronômicos e microbiológicos. Seropédica: (**EMBRAPA-CNPBS. Documentos, 9**). 28 p, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Sunderland: Sinauer Associates Publishers. p.591-600, 2002.

TAMMINGA, S. Protein degradation in the forest omachs of ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 49, n. 6, p.1615-1632, 1979.

TEDESCO, M.J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (**Boletim Técnico, 5**), 147 p., 1995.

TEIXEIRA, F.A. **Diferimento de pastagem de Brachiaria decumbens e estratégias de adubação nitrogenada**. Tese (Doutorado em Zootecnia) Itapetinga-BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, 149 p. 2010.

THOMAS, M.; SCHNEIDER, N. Nitrate toxicosis: how it works and how to cope with it. In: LAUNCHBAUGH, K. (Ed.) **Anti-quality factors in rangeland and pastureland forages**. Moscow: University of Idaho Printing and Design Services, 2001. p.28-33. Disponível em: ftw.nrcs.usda.gov/glti/. Acesso em: 03 jan. 2012.

UFRB, **Nutrição mineral de plantas** – 2007. Disponível em: http://www.ufrb.edu.br/nutricaomineral/. Acesso em: 17 nov. 2011.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen deficiency in maize. II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. **Crop Science**. v.35, p.1384-1389, 1995.

URBAN, W.J. et al. Evaluation of urea-urea phosphate as nitrogen sources for no-tillage production. **Soil Science Society American Journal**, v. 51, p.242-246, 1987.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VAN SOEST, P.J. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, v. 74, n. 10, p.3583-3597, 1991.

VIANA, E.M.; KIEHL, J.C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, v. 69, n. 4, Dec. 2010.

VIANA, M.C.M. Adubação nitrogenada na produção e composição química do capim-Braquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1497-1503, 2011.

VILLAS BOAS, R.L.; BOARETTO, A.E.; GODOY, L.J.G. Nitrogen recovery of urea - ammonium sulphate mixtures by corn plants. **Bragantia**, v. 64, p.263-272, 2005.

VITTI, A.C. et al., Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados sobre a palha. **STAB**. **Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 23, n. 5, p. 30-35, 2005.

VUOLO, M.G. **Utilização de fontes de nitrogênio em Tânzania (*Panicum maximum* Jack) no final das estações das águas**. UNOESTE - Presidente Prudente, SP. 30f. 2006.

WATSON, L.; DALLWITZ, M.J. - **The Grass Genera of the World Classification** - May 1998. http://delta-intkey.com/grass/www/class.htm. Acesso em: out/2011.

WERNER, J.C. et al. Adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. TEMA: PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM PASTAGENS, 18, Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p.129-156. 2001.

WERNER, J.C. et al. **Forrageiras**. In: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds). 2. Ed.rev. Campinas: IAC. 1997. p.263-273. (**Boletim Técnico, 100**).

WERNER, J.C. Adubação de pastagens. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, (**Boletim Técnico 18**). p.49 1986.

WOLFF, W.M. **Influência dos teores de clorofila e de nitrogênio das folhas no rendimento de grãos de cultivares de aveia-branca** (*Avena sativa* L.) Dissertação de Mestrado, UFPF – Passo Fundo - 81p. 2005.

WOOD, C.W.; REEVES D.W.; HIMELRICK, D.J. Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration N status, and crop yield: a review. **Proceedings Agronomy Society of New Zealand** v.23, p.1-9, 1993.

YANEVA, I.A.; BAYDANOVA, V.D.; VUNKOVA-RADEVA, R.V. Nitrate reductase activation state in leaves of molybdenum-deficient winter wheat. **Journal of Plant Physiology**, v.157, p. 495-501, 2000.

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES, V.P.B. Importância das pastagens para o futuro da pecuária de corte no Brasil. IN: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS: Temas Em Evidência, 2000, LAVRAS. **Anais...** LAVRAS: p.1-49. 2000.