

UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO

**Produção de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*
Schum.) para Fins Energéticos no Cerrado: Resposta a
Adubação Nitrogenada e Idade de Corte**

Rilner Alves Flores

2009



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**PRODUÇÃO DE CAPIM ELEFANTE (*PENNISETUM PURPUREUM*
SCHUM.) PARA FINS ENERGÉTICOS NO CERRADO: RESPOSTA A
ADUBAÇÃO NITROGENADA E IDADE DE CORTE**

RILNER ALVES FLORES

Sob a Orientação do Professor
Segundo Urquiaga

e Co-orientação do Professor
Bruno José Rodrigues Alves

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo

Seropédica, RJ
Novembro de 2009

633.202

F634p

T

Flores, Rilner Alves, 1984-.

Produção de capim elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação Nitrogenada e idade de corte/ Rilner Alves Flores – 2009.

66 f. : il.

Orientador: Segundo Sacramento Urquiaga Caballero.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Bibliografia: f. 41-49.

1. Capim-elefante – Teses. 2. Biocombustíveis - Teses. I. Caballero, Segundo Sacramento Urquiaga. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO

RILNER ALVES FLORES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 27/11/2009

Segundo Sacramento Urquiaga Caballero. Dr. Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

Eduardo Lima. Dr. UFRRJ

Leonardo Santos Collier. Dr. UFT

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a toda minha família, composta por meus verdadeiros mestres, modelos reais de perseverança, parceria, dedicação, paciência e ética.

Em especial:

Aos meus pais José Américo Gonzaga Flores (in memoriam) e Janete Alves Flores;

Ao meu irmão Ralf Luís Alves Flores;

A todos os meus familiares, em especial aos meus avôs Gumercindo Alves Moreira (in memoriam) e Cleide Nunes Moreira.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que sempre iluminou meus caminhos;

Ao meu pai José Américo Gonzaga Flores (*in memóriam*), minha mãe Janete Alves Flores, meu irmão Ralf Luís Alves Flores, e toda minha família, pelo carinho e complacência principalmente nos momentos mais complicados de minha caminhada.

A minha amada, pelo amor, carinho, paciência e companheirismo.

Ao Professor Leonardo Santos Collier, meu 2º pai, me ensinou, incentivou e apostou em minha capacidade, meus sinceros agradecimentos.

Ao Pesquisador Bruno José Rodrigues Alves, meu 3º pai, uma pessoa que apostou em mim, me orientou, por toda sua dedicação, amizade e paciência, meus sinceros agradecimentos.

Ao pesquisador Segundo Sacramento Urquiaga, pela orientação e ensinamentos ao longo do mestrado.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa para realização dos meus estudos de Mestrado.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo e aos seus professores.

Aos Professores e pesquisadores Robert M. Boddey, Luis Henrique de B. Soares, Ednaldo Araújo, Lúcia Helena C. dos Anjos, Marcos Gervasio Pereira, pela orientação.

À Embrapa Agrobiologia, por todo apoio de estrutura, financeiro e pessoal para a realização do trabalho.

Ao Pessoal do Laboratório de Nitrogênio (Altiberto, Roberto Grégio e Roberto Andrade), de Solos (Selmo, Monalisa, Gisele e Estagiários), de Leguminosas (Adriana) da Embrapa Agrobiologia. Ao pessoal de campo da Embrapa Agrobiologia.

À Universidade Federal do Tocantins, pelo espaço e todo o apoio durante a condução dos experimentos.

Aos amigos: Jhansley e Valdere pela ajuda oferecida durante todo o período de condução dos experimentos.

A todos os companheiros do alojamento da Embrapa CNPAB, em especial aos amigos Sandra, Willian, Adriano, Carlos Baiano, Carlos Leandro.

A todos que fizeram parte deste caminho, mesmo não estando aqui presente.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Rilner Alves Flores nasceu em Gurupi, Tocantins, no dia 14 de janeiro de 1984, iniciou suas atividades relacionadas à agropecuária no ano de 2002 quando ingressou na Universidade Federal do Tocantins, cursando Agronomia e concluindo em 2007. Durante o curso, trabalhou com Fertilidade do Solo, onde teve seu primeiro contato com a área de pesquisa. Também, nesse período foi monitor em algumas disciplinas como Física, Genética e Fertilidade do Solo. Em março de 2004, ingressou como bolsista de iniciação científica do PIBIC/CNPq na UFT, sendo bolsista até fevereiro de 2005, e continuou a participar em projetos de iniciação científica até concluir a graduação em Julho de 2007. Em 2007 iniciou o Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo, como bolsista da CNPq, desenvolvendo a dissertação “Produção de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para fins energéticos no Cerrado: Resposta à adubação nitrogenada e idade de corte.”

RESUMO

FLORES, Rilner Alves. **Produção de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para fins energéticos no Cerrado: Resposta à adubação nitrogenada e idade de corte.** 2009. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

A espécie capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) está entre as gramíneas de maior capacidade de acumulação de matéria seca, possuindo também características qualitativas favoráveis para uso na produção de energia como altos teores de fibras, alta relação C/N, alto poder calorífico e baixo teores de cinzas. Contudo, o objetivo deste trabalho foi avaliar genótipos de capim elefante eficiente para fixação biológica de nitrogênio (FBN), e adequar à época de corte e o manejo da fertilização nitrogenada para alta produção de biomassa para uso com fins energéticos em condições edafoclimáticas do Cerrado. Foram realizados dois estudos de campo, em área de Latossolos, no município de Gurupi-TO. O delineamento experimental, nos dois experimentos, foi de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas e com quatro repetições. No primeiro estudo, avaliaram-se dois genótipos de capim elefante: Roxo e Paraíso, fertilizados ou não com adubação nitrogenada. Foi realizado apenas um corte do capim elefante, aos 180 dias após o plantio, com o intuito de avaliar a produção de biomassa, a eficiência da FBN e a qualidade do material produzido. No segundo estudo, avaliou-se o efeito da fertilização nitrogenada na determinação da melhor época de corte do capim elefante para alta produção, eficiência da FBN e qualidade da biomassa, onde o genótipo utilizado foi o Paraíso. No primeiro estudo a produção de matéria seca (MS) dos dois genótipos variou entre 30 e 42 Mg MS ha⁻¹. No segundo estudo, houve ajuste quadrático para os níveis de adubação nitrogenada para produção de MS, onde a maior produção foi obtida com 50 kg de N ha⁻¹, sendo de 32 Mg MS ha⁻¹, e a melhor época para a produção de biomassa foi a do corte realizado aos 180 dias após o plantio, produzindo em média 34 Mg MS ha⁻¹. Em relação ao N-total acumulado, os valores variaram entre 347 e 539 kg ha⁻¹ no primeiro estudo, onde o genótipo Roxo acumulou mais nitrogênio na parte aérea em relação ao genótipo Paraíso. No segundo estudo avaliando o efeito da fertilização nitrogenada, o acúmulo de N variou entre 323 e 403 kg ha⁻¹, sendo a dose de 50 kg ha⁻¹ de N a que mais promoveu acúmulo de N pela planta. O maior acúmulo de N foi observado no maior intervalo de corte (180 dias após o plantio) cerca de 422 kg N ha⁻¹. Em relação a eficiência da FBN nas condições de estudo dos dois experimentos, a contribuição foi inferior a 10%, condizente com a alta fertilidade do solo da área de estudo. A relação C/N, relação colmo/folha (C/F), teores de fibras, teores de fósforo e potássio, e poder calorífico apresentado pelo capim elefante no que diz respeito à qualidade do material produzido, em geral, não foram influenciados pela diferença das condições de manejo do capim elefante. Em média, a relação C/N foi de 40, a relação C/F foi cerca de 5 e o poder calorífico foi cerca de 4.000 kcal/kg em ambos os estudos realizados. Já em relação aos teores de fibras produzidas, o genótipo Paraíso foi superior ao genótipo Roxo, produzindo acima de 60% enquanto que o Roxo produziu cerca de 50%. Para os teores de cinzas produzidos, estiveram próximos aos níveis geralmente encontrados nas plantas, cerca de 5% em média. Desta forma, o capim elefante apresentou características qualitativas e quantitativas positivas para ser utilizado na produção de energia renovável em região de Cerrado, sendo os genótipos Roxo e Paraíso altamente promissores para esse fim.

Palavras-chave: Biomassa. ¹⁵N. Bioenergia.

ABSTRACT

FLORES, Rilner Alves. **Production of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) for energy purposes in the Cerrado: Response to nitrogen fertilization and harvesting age.** 2009. 66p. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science) Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

The elephant grass species (*Pennisetum purpureum* Schum.) is among the grasses of greater capacity for dry matter accumulation, but it also has favorable quality characteristics for use in energy production, such as high fiber content, high C/N ratio, high calorific value and low ash content. However, the objective of this study was to assess elephant grass genotypes efficient for biological nitrogen fixation (BNF), and to conform the harvesting time and nitrogen fertilization management for high production of biomass for usage as an energy source in the soil and environmental conditions of the Cerrado. Two field studies were conducted in areas of Oxisols, located in the municipality of Gurupi, Tocantins State, Brazil. Both experiments were set as randomized block split plot with four replications. The first study evaluated two genotypes of elephant grass: Purple and Paradise, fertilized or not with nitrogen. It was conducted only one cut of elephant grass, 180 days after planting, in order to evaluate the biomass production, efficiency of BNF, and the quality of the material produced. In the second study it was evaluated the effect of nitrogen fertilization in determining the best time to harvest the grass for high production, efficiency of BNF, and quality of biomass. The grass genotype used was the Paradise. In the first experiment, the production of dry matter (DM) of the two genotypes ranged between 30 and 42 Mg DM ha⁻¹. In the second one, a quadratic adjustment for levels of nitrogen fertilization for production of DM was performed, where highest production was obtained with 50 kg N ha⁻¹, resulting in 32 Mg DM ha⁻¹, and the best harvesting time for biomass production was at 180 days after planting, producing an average of 34 Mg DM ha⁻¹. In relation to the total N accumulated, values ranged between 347 and 539 kg ha⁻¹ in the first experiment, where the genotype Purple accumulated more shoot nitrogen in relation to genotype Paradise. In the second experiment evaluating the effect of nitrogen fertilization, the N accumulation ranged between 323 and 403 kg ha⁻¹, and the dosage of 50 kg ha⁻¹ N promoted most N accumulation by the plant. The greatest accumulation of N was observed in the largest harvest interval (180 days after planting), of about 422 kg N ha⁻¹. Regarding the BNF efficiency in the study conditions of both experiments, the contribution was less than 10%, consistent with the high soil fertility of the area in study. The C/N ratio, leaf / stem ratio (C/F), soluble fiber, phosphorus and potassium levels, and calorific value presented by the elephant grass with regard to the quality of material produced, in general, were not affected by difference of the management conditions of the elephant grass. On average, the C/N ratio was of 40, the C/F was around 5, and the calorific value was of about 4.000 kcal / kg, in both experiments. In relation to the levels of fiber produced, the genotype Paradise was higher than the Purple, producing over 60%, while the Purple produced about 50%. The contents of ash produced were close to those usually found in grass plants, about 5% on average. Thus, the elephant grass presented qualitative and quantitative characteristics that were positive for its usage in renewable energy production in the Cerrado region, and the genotypes Purple and Paradise were highly promising for this.

Key words: Biomass. ¹⁵N. Bioenergy.

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 1.** Resultados de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e precipitação mensal ocorrida durante a condução do estudo de campo realizado na Universidade Federal do Tocantins, em Gurupi-TO..14
- Tabela 2.** Rendimento de biomassa seca (Mg ha^{-1}) de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, após 180 dias do plantio. 18
- Tabela 3.** N total acumulado (kg ha^{-1}) em dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, após 180 dias do plantio.....22
- Tabela 4.** Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) e relação Colmo/Folha (C/F) da biomassa produzida por dois genótipos de capim elefante, crescidos com duas doses de N, no campus experimental da UFT, Gurupi-TO. Após 180 dias do plantio.27
- Tabela 5.** Teor de Fibras em detergente neutro (FDN) e Teor de cinzas na parte aérea de dois genótipos de capim elefante, crescidos com duas doses de N, no campus experimental da UFT, Gurupi-TO. Após 180 dias do plantio.....30
- Tabela 6.** Teor de K e P na parte aérea de dois genótipos de capim elefante, crescidos com 2 doses de N, no campus experimental da UFT, Gurupi-TO. Após 180 dias do plantio...33

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Rendimento médio de biomassa seca de colmo de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO. 19
- Figura 2.** Rendimento médio de biomassa seca de folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO. 20
- Figura 3** Rendimento médio de biomassa seca (matéria seca) total de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO..... 21
- Figura 4.** N acumulado (kg ha^{-1}) no colmo de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO. 23
- Figura 5.** N acumulado (kg ha^{-1}) na folha de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO. 24
- Figura 6.** N total acumulado (kg ha^{-1}) de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO. 24
- Figura 7.** Contribuição na fixação biológica de nitrogênio em dois genótipos de capim elefante, em uma colheita realizada aos 180 dias após o plantio, na área experimental da UFT, Gurupi-TO. 25
- Figura 9.** Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO. 28
- Figura 10.** Relação Colmo/Folha (C/F) de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO. 28
- Figura 11.** Teores de Fibras em detergente neutro (FDN) no colmo de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO. 31

- Figura 12.** Teores de Fibras em detergente neutro (FDN) na folha de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de cortes, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.....31
- Figura 13.** Teores de Cinzas no colmo de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.....32
- Figura 14.** Teores de Cinzas na folha de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.....33
- Figura 15.** Teores de Potássio (K) no colmo de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.....34
- Figura 16.** Teores de Potássio (K) na folha de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.....34
- Figura 17.** Teores de Fósforo (P) no colmo de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.....35
- Figura 18.** Teores de Fósforo (P) na folha de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.....36
- Figura 19.** Poder Calorífico Superior (PCS) em função das concentrações de nitrogênio no colmo e na folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, em região de Cerrado.....37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
	2.1 Energia da Biomassa em Região de Cerrado.....	3
	2.2 Culturas com Potencial Energético.....	5
	2.3 O Capim Elefante como uma Fonte Alternativa de Energia Renovável.....	6
	2.4 Importância do Nitrogênio na Produção de Agroenergéticos.....	7
	2.5 Técnica de Abundância Natural de ¹⁵ N.....	9
	2.6 Extração de Macronutrientes pela Cultura de Capim Elefante.....	10
3	MATERIAL E MÉTODOS	13
	3.1 Estudo de dois Genótipos de Capim Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> schum.) e Efeito da Fertilização Nitrogenada na Determinação da Melhor Época de Corte para Alta Produção de Biomassa.....	13
	3.1.1 Tratamentos e delineamento experimental.....	13
	3.1.2 Implantação e condução dos experimentos.....	13
	3.1.3 Produção de matéria seca.....	14
	3.2 Nitrogênio Total Acumulado na Parte Aérea e Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) em Capim Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) sob Diferentes Condições de Manejo.....	14
	3.2.1 N-total acumulado.....	14
	3.2.2 Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada à cultura de capim elefante.....	15
	3.3 Avaliação da Qualidade da Biomassa Produzida em Capim Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) sob Diferentes Condições de Manejo.....	15
	3.3.1 Relação carbono/nitrogênio (C:N) e relação colmo/folha (C:F).....	15
	3.3.2 Análise de fibras e cinzas.....	16
	3.3.3 Análises de fósforo e potássio no tecido vegetal.....	16
	3.3.4 Poder calorífico superior (PCS) em capim elefante.....	16
	3.3.5 Análise estatística.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
	4.1 Estudo de dois Genótipos de Capim Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) e Efeito da Fertilização Nitrogenada na Determinação da Melhor Época de Corte para Alta Produção de Biomassa.....	18
	4.1.1 Rendimento de biomassa.....	18
	4.2 Nitrogênio Total Acumulado na Parte Aérea e Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) em Capim Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) sob Diferentes Condições de Manejo.....	22
	4.2.1 Nitrogênio total acumulado.....	22
	4.2.2 Contribuição da fixação biológica de nitrogênio no sistema solo-planta.....	25
	4.3 Avaliação da Qualidade da Biomassa Produzida em Capim Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) sob Diferentes Condições de Manejo.....	26
	4.3.1 Relação carbono/nitrogênio (C/N) e relação colmo/folha (C/F).....	26
	4.3.2 Teores de fibras (FDN) e cinzas.....	29

4.3.3	Análises de fósforo e potássio no tecido vegetal.....	33
4.3.4	Poder calorífico superior (PCS) em capim elefante.	36
5	CONCLUSÕES	38
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
8	ANEXO	50

1 INTRODUÇÃO

A produção de material energético alternativo através de biomassa vegetal representa hoje um dos grandes desafios para a pesquisa, já que a continuação da queima desenfreada de petróleo, além de ser finita, contribui para o efeito estufa que ameaça o equilíbrio do clima da terra (Morais, 2008). Com isso, o problema da demanda energética vem se tornando uma preocupação mundial. Muitos países vêm buscando alternativas ao uso de combustíveis fósseis, reduzindo a dependência do petróleo (principalmente) e derivados, pelo fato de serem fontes finitas de energia. Como a queima de biomassa somente recicla CO₂ que foi retirado da atmosfera pela fotossíntese tudo indica que, em longo prazo, esta será uma das alternativas energéticas mais seguras (Schemer et al., 2008).

Os produtos da cana-de-açúcar contribuem com cerca de 13% da produção primária de energia do país. O Brasil é detentor do mais importante programa de geração renovável de energia do planeta com o uso da biomassa sucro-alcooleira. O álcool carburante atende a cerca de 32% do consumo de energia de veículos leves. Nos países desenvolvidos a tendência histórica foi de substituir os combustíveis derivados de biomassa por fósseis (Morais, 2008). Há renovado interesse desses países na biomassa energética que aponta uma participação maior da biomassa na matriz primária de energia no futuro próximo (Johansson et al., 1993).

O capim elefante geralmente é altamente responsivo ao nitrogênio (Mistura et al., 2006) e os estudos com a planta até agora visaram somente o enriquecimento desta forrageira em proteína, através da adubação nitrogenada, para ganho de peso mais rápido de bovinos e maior aproveitamento dos mesmos. Nos últimos anos, foram desenvolvidas novas técnicas de uso de biomassa de capim elefante como fonte de energia alternativa, e neste sentido, novo rumo deve ser dado em relação às características que se deseja obter da planta (Urquiaga et al., 2006). Neste contexto, não mais importa uma planta rica em proteína para a alimentação de bovinos, e sim uma planta que seja rica em fibras e lignina, aliada a alta produção de biomassa, para que a biomassa a ser utilizada com fins energéticos tenha boa qualidade.

Tratando-se de uma espécie de alta produção, deve-se considerar que as necessidades de nutrientes estão relacionadas com o potencial produtivo, por isso a importância do solo estar corrigido e adubado corretamente. Deve-se ter em conta, que o capim elefante responde a doses crescentes de nitrogênio, sendo que seu melhoramento sempre tem sido feito com este intuito (Mistura et al., 2006). Por outro lado, o manejo da época de corte em gramíneas forrageira afeta o rendimento da forragem colhida, podendo resultar em incrementos significativos na produção de matéria seca (Costa et al., 2004). Se a seleção dos genótipos for feita em solos de baixa fertilidade natural (pobres em N) e com altos rendimentos de matéria seca, associando a esta característica a contribuição da FBN na cultura, pode-se tornar possível o estudo de fontes alternativas de energia a partir de capim elefante.

Grande parte da produção de energia está relacionada ao uso de derivados do petróleo, que contribuem consideravelmente para o aumento do efeito estufa. Neste contexto foi estabelecido o tratado de Quioto, para que os países poluidores reduzam as emissões de gases causadores do efeito estufa. Esta é uma questão fundamental para a sobrevivência futura dos países, pois as fontes fósseis são finitas e poluidoras, contribuindo com o aumento do efeito estufa. A preocupação com o ambiente e o ganho econômico, quer seja por produtos valorizados por não serem degradadores do ambiente ou por créditos obtidos através do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), previsto no Protocolo de Quioto (Quesada, 2005), são motivos para a busca de fontes alternativas de energia. Contudo, a produção de material energético alternativo através de biomassa vegetal é hoje um desafio para a ciência, e para os países de um modo geral, principalmente os em desenvolvimento (Monti et al., 2007).

O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma espécie do tipo C-4, com alta eficiência na fixação de CO₂ (gás carbônico) atmosférico no processo de fotossíntese para a produção de biomassa vegetal, cuja demanda por nitrogênio é baixa, sendo mais eficiente na utilização deste nutriente do que as plantas C-3 (Taiz & Zeiger, 1998). Esta característica é típica de gramíneas tropicais que crescem rapidamente e otimizam o uso da água do solo e da energia solar (Urquiaga et al., 2006). Além disso, deve-se destacar que o capim elefante, por apresentar um sistema radicular bem desenvolvido, poderia contribuir de forma eficiente para aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo ou para o sequestro de carbono (C) no solo (Urquiaga et al., 2006). Outra característica importante do capim elefante, quanto ao seu possível uso para produção de energia alternativa, é a sua semelhança ao bagaço de cana-de-açúcar, que tem em sua composição 65% de fibras e 35% de material não fibroso, sendo o teor de fibras fundamental para a produção de carvão. A queima direta da biomassa em olarias é outra forma de aplicação da biomassa produzida por esta espécie (Morais, 2008).

O CO₂ atmosférico é fonte de C para o crescimento das plantas, através do processo fotossintético. Pode-se considerar que esta fonte é ilimitada, e, por isso, a acumulação de biomassa pelas plantas dependerá apenas de outros fatores que afetam o crescimento vegetal, tais como: disponibilidade de nutrientes, condições físicas e químicas do solo, disponibilidade de água e adequada temperatura. Relatos de pesquisa mostram que a produção anual de biomassa seca do capim elefante pode superar 100 Mg ha⁻¹, desde que genótipos eficientes sejam usados e condições edafoclimáticas favoráveis sejam garantidas (Urquiaga et al., 2006). Pesquisas com vários capins forrageiros mostraram possibilidades semelhantes cobrindo até 40% da suas necessidades de N através da associação com bactérias fixadoras de N₂. Como até então, o melhoramento de capins sempre visou finalidades forrageiras, que necessitam teores elevados de proteína e baixos níveis de fibra para ter boa qualidade como alimento animal, a mudança no rumo da seleção ou melhoramento de genótipos para fontes bioenergéticas se faz necessária. Neste caso, há necessidade de elevado teor de celulose sem necessariamente conter altos teores de proteína. Neste sentido a redução ou eliminação completa do adubo nitrogenado na produção de biomassa, além de aumentar o balanço energético ainda reduz os custos de produção, apresentando ainda melhores possibilidades para o uso do capim elefante como fonte alternativa de energia renovável.

Assim, o presente estudo estabeleceu as seguintes hipóteses científicas:

- a) Existem genótipos de capim elefante capazes de produzir mais do que 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca em condições edafoclimáticas de Cerrado.
- b) O capim elefante crescido em ambiente de Cerrado se beneficia com mais de 30% do N acumulado na planta derivada da fixação biológica de nitrogênio (FBN), resultando em material com qualidade para produção de energia pela queima.
- c) A época de corte do capim elefante afeta a produtividade e a qualidade da biomassa produzida para a finalidade energética.
- d) O uso de fertilizante nitrogenado em complemento a FBN pode aumentar a produtividade de biomassa.

Diante deste contexto, foram traçados os seguintes objetivos:

- a) Comparar dois genótipos quanto à produção de biomassa e a dependência pela FBN em área de Latossolo na região de Gurupi (TO).
- b) Determinar a melhor época para cortar o capim elefante, de forma a garantir alta produtividade de biomassa e longevidade da cultura.
- c) Avaliar o efeito da fertilização nitrogenada na produção e qualidade da biomassa de capim elefante.
- d) Investigar a qualidade da biomassa produzida por capim elefante, essencialmente os teores centesimais de fibra e cinzas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Energia da Biomassa em Região de Cerrado.

Com o aumento crescente da população mundial, que poderá atingir, no ano de 2025, 8,4 bilhões de pessoas, estima-se que haverá uma alta demanda por alimentos, fibra, energia e água em quantidade e qualidade, fato que deverá se constituir no principal problema ambiental deste século (Resck et al., 2008). O uso da biomassa como fonte direta de energia acompanhou o desenvolvimento da espécie humana ao longo da sua história, tendo inclusive impulsionado os primeiros ciclos de industrialização. Com o advento dos combustíveis fósseis e suas possibilidades múltiplas de aplicações criou-se, a partir do final do Século XIX, um sistema tecnológico global eficiente e dinâmico baseado principalmente no petróleo, assumindo para si a função de agente energético promotor do desenvolvimento econômico e social. Assim, a energia extraída da biomassa se tornou sinônimo de pobreza e subdesenvolvimento, e suas explorações indiscriminadas, extrativistas e não planejada começou a refletir-se em custos ambientais altos como extração ilegal de madeira da floresta, e sob certos aspectos associados ao excessivo desmatamento natural (Morais, 2008). A existência de uma forte relação de energia e meio ambiente e com o modelo de desenvolvimento da humanidade tem resultado em um grande movimento em prol de uma revolucionária modificação deste modelo energético baseado no uso de combustíveis não renováveis (Alves Junior, 2003).

Na medida em que se percebe o esgotamento do modelo energético baseado em combustíveis não renováveis, em virtude da inevitável depleção na sua produção, aumento dos custos de extração, e uso crescente e diversificado em produtos mais nobres como os polímeros e plásticos, a produção atual de culturas para biomassa moderna assume o desafio de oferecer os recursos e as principais soluções estratégicas, com o verdadeiro propósito de resolver o grande dilema de fornecimento presente e futuro de energia para nossa sociedade (Bajay & Ferreira, 2005). A produção sustentável de agroenergéticos adquire a partir dos dias atuais um papel cada vez mais importante na substituição gradual dos combustíveis de origem fóssil, e com potencial poluente reconhecidamente elevado, tanto na sua produção e distribuição quanto na sua utilização em ampla escala.

Dentro do contexto de que os recursos naturais eram infinitos, a estratégia adotada para a produção agrícola sem privilegiar alternativas sustentáveis fez com que a agricultura moderna, com elevada tecnologia e escala, ficasse altamente dependente de mecanização e de insumos industrializados para se atingir elevadas produtividades, de forma a poder aproveitar todo o potencial que as variedades comerciais podem desenvolver. Esses insumos químicos, principalmente fertilizantes e produtos sanitários, são produzidos através de processos que demandam um alto investimento energético. As operações agrícolas de um sistema de produção também consomem energia, principalmente na forma de combustíveis, e seu preço afeta todos os custos da cadeia produtiva. Desse modo, quando que se propõe que uma cultura ou produto agroindustrial tenha finalidade energética é necessário que se conheça com precisão todos os componentes energéticos inerentes a esse sistema (Campos & Campos, 2004). Assim, a sustentabilidade da atividade agropecuária, podendo ser compreendida como o manejo e a utilização do ecossistema agrícola de modo que este mantenha sua diversidade biológica, produtividade, capacidade de regeneração, vitalidade, e habilidade operativa para que possa prestar significativa função social e econômica, passa a necessitar também de uma visão do ponto de vista dos fluxos globais de energia nos sistemas de produção (Campos & Campos, 2004).

No Brasil o consumo de energéticos primários teve nas energias renováveis, no ano de 1998, uma participação de 55,77%. Sendo que 19,71% foram representados pela biomassa, que tem despertado maior interesse como alternativa aos combustíveis fósseis (Vale et al., 2000). Grassi (1994) afirma que: "As produções sustentadas de biomassa, que é a fonte mais versátil de energia renovável, apresenta a possibilidade de prover, de forma permanente, grandes quantidades de combustíveis gasosos, líquidos e eletricidade". Ao longo dos últimos 29 anos a lenha, como combustível doméstico, teve papel importante como energético primário no Brasil. Em 1998, dos 19,71% de biomassa, 9,06% foram compostos pela lenha, ou seja, $6,94 \times 10^7$ toneladas de madeira foram utilizadas para geração de calor. Do total da lenha consumida, $2,7 \times 10^7$ toneladas foram em forma indireta, principalmente na fabricação de carvão vegetal, e $4,23 \times 10^7$ toneladas, em forma direta. Do total consumido em forma direta, $2,0 \times 10^7$ toneladas foram queimadas em residências, para cocção de alimentos (Vale et al., 2000). A principal fonte de madeira para produção de energia, no Brasil, tem sido os ecossistemas naturais, como o Cerrado e a Mata Atlântica. O desmatamento desses biomas e a pressão conservacionista, associadas à necessidade anual de mais madeira para energia, têm levado a crescente dificuldade para a obtenção desse recurso a partir de florestas nativas. É importante observar que não pesa somente o aspecto quantitativo do uso da madeira como energia, mas também o aspecto econômico ligado à utilização energética pelas indústrias. Desta forma, o uso da biomassa moderna pode ser uma alternativa de fonte de energia nesses biomas.

O Cerrado é, sem sombra de dúvida, uma região que tem grande potencial como produtora de alimentos e energia para suprir as necessidades do país e de outras partes do mundo (Resck et al., 2008). O Cerrado, um dos cinco maiores biomas do Brasil, cobre cerca de 2 milhões de km^2 do território (23% do território nacional), com, aproximadamente, 1,5 milhões de km^2 de Cerrado *sensu lato*, localizados no Brasil Central, nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás (Ferri, 1980), porém restam apenas 20% de sua área preservada, tendo sido o ecossistema brasileiro que mais sofreu intervenções antropogênicas (Guardabassi, 2006). O clima é estacional, com um período chuvoso de outubro a março sucedendo a um período seco, de abril a setembro. A precipitação média anual é de 1.500 mm e as temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22 °C e 27 °C em média. Apesar da contribuição expressiva na produção agropecuária nacional, os solos no Cerrado caracterizam-se, em sua grande maioria, por serem altamente intemperizados, com baixa fertilidade natural, com a fração argila constituída essencialmente por minerais de argila 1:1 (com pouca ou nenhuma substituição isomórfica) e óxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), com baixa CTC (Resck et al., 2008).

Hoje o Cerrado é pressionado como nova fronteira agrícola do país. Ocupando uma área densamente povoada, o Cerrado é fonte de lenha nativa para a geração de calor e é, talvez, o maior fornecedor de combustível para cocção de alimentos no meio rural, o que o situa como um dos biomas de grande importância social. No entanto, a ocupação desordenada desse bioma vem destruindo-o ao longo dos anos. Uma possibilidade da otimização da produção de biomassa desse bioma para fins energéticos sem depredação é o uso sustentado. Por outro lado, o uso sustentado só será possível com o conhecimento da biomassa que compõe o ecossistema e de sua capacidade de produzir energia. Com a grande extensão de terras existente no Cerrado brasileiro e o seu potencial agrícola, o cultivo de biomassa moderna para fins energéticos é uma oportunidade que deve ser avaliada.

Pouco se conhece das espécies do Cerrado do ponto de vista energético (Vale et al., 2000). Neste contexto, uma análise de fontes alternativas de energia e da qualidade do material produzido, como o poder calorífico, por exemplo, torna-se necessário para melhor conhecimento no potencial de produção na região de Cerrado.

São várias culturas com esse potencial energético, dentre elas podemos citar o capim brachiaria, produzindo cerca de 3.900 kcal/kg de energia, chegando a produzir 97.500.000 kcal de energia por ha/ano, o capim brachiaria é bastante difundido no Cerrado, sendo usado principalmente como forragem para alimentação animal. O cultivo de florestas plantadas com a cultura do eucalipto também pode ser usado para fins energéticos, pois tem um potencial de geração de energia através da produção de biomassa que pode chegar a 82.820.000 kcal ha/ano. Já uma cultura que vem se destacando com grande potencial de geração de energia é o capim elefante, onde a energia produzida chega a 4.200 kcal/kg, com uma geração que pode chegar a 189.000.000 kcal de energia ha/ano (Silva et al., 2008).

O Brasil tem todas as características necessárias para aumentar ainda mais sua produção comercial de biomassa energética, como já ocorre com etanol, carvão vegetal e lenha, através de plantações, e o Cerrado surge como a principal fronteira agrícola para a expansão dessa produção.

2.2 Culturas com Potencial Energético

A possibilidade de introdução de gramíneas perenes em programas de produção de energia não é nova, mas intensificou-se a partir dos anos 80. É nos países desenvolvidos, de clima predominantemente temperado e com baixa incidência de radiação solar durante boa parte do ano, que se percebe claramente a maior eficiência na captação da luz solar apresentada pelas plantas C-4. As oleaginosas como canola e soja estão entre as culturas menos eficientes na captação solar, nestas regiões. O milho, embora seja mais eficiente, requer muito mais energia na sua produção, principalmente pela exigência elevada em adubação nitrogenada. Assim, o 'switchgrass' (*Panicum virgatum*) uma gramínea temperada capaz de produzir entre 10 e 23 Mg por ano de biomassa seca, passou a ser a principal opção agroenergética dos países de clima frio, com diversos programas de pesquisa exclusivos ao longo da última década, visando sua maior adaptação às áreas marginais para produção de alimentos (Adler et al., 2006).

De início, a finalidade energética principal destas gramíneas consistiu na combustão direta em fornos, como substituto à lenha e ao carvão, muitas vezes passando por uma etapa de adensamento e estruturação em pellets, cubos ou briquetes. Samson et al. (2005) realizaram o balanço energético apenas para a etapa agrícola de produção do capim elefante, encontrando um valor de 21,3:1, ou seja, para cada unidade de energia fóssil utilizada no processo produtivo foram obtidas 21,3 unidades de energia renovável. Esta condição é válida se o material é utilizado in-natura, diretamente para combustão.

Outras gramíneas passaram a ser estudada com finalidades energéticas, entre as quais podemos citar o *Erianthus spp.*, planta tropical semelhante à cana de açúcar (Matsuo et al., 2002) e algumas espécies do gênero *Brachiaria*. Todavia, nenhuma destas culturas ultrapassa a produtividade de 6 Mg de matéria seca por hectare ao ano, sendo consideradas apenas como opção para solos de baixa fertilidade. Assim como o 'switchgrass' está sendo estudado na América do Norte (Schemer et al., 2008), o miscanto (*Miscanthus sp.*) foi identificado como a cultura mais promissora para produção de biomassa energética nas regiões mais frias da Europa, principalmente no Leste europeu e, recentemente o interesse nesta cultura está se direcionando para os Estados Unidos e Canadá, visto que o elevado custo da terra no continente europeu limita a produção de culturas energéticas (Mustafá & Aksoy, 2005). Atualmente, a possibilidade de produção de biocombustíveis líquidos a partir da biomassa ligno-celulósica, mediante o desenvolvimento de tecnologias de segunda geração, capazes de desestruturar as fibras rígidas de celulose, está abrindo novas possibilidades para estas culturas essencialmente produtoras de biomassa.

McLaughlin & Walsh (1998) estudaram o balanço energético para produção de etanol a partir das gramíneas milho e capim 'switchgrass' (*Panicum virgatum*), obtendo os valores

1,2:1 e 3,4:1, respectivamente. Mais recentemente, outros autores (Pimentel & Patzek, 2005) concluíram que o etanol produzido a partir do milho requer 29% a mais de energia para ser produzido do que a energia contida no próprio biocombustível, e se a matéria-prima for a gramínea temperada 'switchgrass', o gasto energético na sua produção é 50% maior do que a energia contida no álcool produzido. Em compensação, quando a biomassa na forma compactada, derivada do capim 'switchgrass', é utilizada diretamente como fonte de energia em sistemas de calefação, o balanço energético é significativamente mais alto, obtendo-se 14 unidades energéticas para cada unidade de energia investida na sua produção (Samson et al., 2005). A apresentação do material na forma mais conveniente de briquetes, pellets ou em cubos depende da aplicação energética que se deseja.

No Brasil, os recursos da biomassa respondem por quase 30% da produção total de energia, superando inclusive toda a oferta interna de energia gerada em hidrelétricas, enquanto que em âmbito mundial as fontes renováveis contribuem com apenas 8% entre todas as fontes utilizadas de energia (IEA, 2006; Brasil, 2006). De acordo com o último Balanço Energético Nacional, 13,8% da energia consumida no país é oriunda dos produtos da cana-de-açúcar, principalmente etanol e bagaço. A lenha e o carvão de origem vegetal contribuem suprimindo ao redor de 13% da demanda nacional total. Isto reflete a pressão que existe sobre as florestas naturais do país e, de certo modo, a premência em desenvolver programas tecnológicos visando atender a necessidade crescente de carvão vegetal e formas semelhantes de energéticos para combustão direta.

Por outro lado, desenvolve-se em escala global um conjunto de tecnologias que tem como objetivo principal à obtenção de álcool etílico a partir de fontes não diretamente fermentescíveis como a sacarose da cana-de-açúcar, mas sim amiláceas e celulósicas. Desta forma, o termo biocombustível se refere aos combustíveis líquidos ou gasosos que são produzidos a partir de biomassa vegetal, e que são direcionados ao setor de transporte, principal consumidor de combustíveis derivados do petróleo como o óleo diesel, gasolina, gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural comprimido (Chandel et al., 2007).

2.3 O Capim Elefante como uma Fonte Alternativa de Energia Renovável

A cultura do capim elefante vem sendo apontada como uma espécie com um imenso potencial energético, sendo muito superior à cana de açúcar. Sua biomassa seca pode gerar 25 unidades de energia para cada uma de origem fóssil consumida em sua produção. Por sua vez, a cana, convertida em etanol, alcança uma relação de apenas nove para uma (Osava, 2007). O interesse energético por essa cultura foi recentemente despertado por sua alta produtividade. A biomassa do capim elefante pode ser utilizada para queima direta, gaseificação e produção de carvão vegetal, com rendimentos de energia diferenciada para cada uso. Este capim, quando adequadamente cultivado pode produzir ao redor de 30 Mg de MS ha⁻¹ ano⁻¹ (Moraes, 2008; Quesada, 2005), competindo assim, com o eucalipto que produz uma média de 19 Mg de MS ha⁻¹ ano⁻¹ (Santana et al., 2002). A demanda por áreas reflorestadas e matas de Cerrado, para a produção de biomassa, tem provocado sérios problemas ambientais e os estudos mostram que o capim elefante, por se tratar de planta perene é competitivo em produção de biomassa com o eucalipto, permitindo vários cortes por ano e agregando valor aos produtores rurais, que teriam mais uma alternativa de renda, fornecendo capim devidamente processado para as siderúrgicas. Além disso, deve-se destacar que o capim elefante, por apresentar um sistema radicular bem desenvolvido, poderia contribuir de forma eficiente para aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo, ou o seqüestro de C (carbono) no solo (Urquiaga et al., 2006).

O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma das poáceas (gramíneas) mais importantes e mais difundidas em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. Seu centro de origem é na África, entre 10° N e 20° S de Latitude, tendo sido descoberto em

1905 pelo coronel Napier, ocorrendo como espécie colonizadora natural em inúmeros países deste continente e foi introduzido no Brasil em 1920, vindo de Cuba. Hoje encontra-se difundido em quase todas as regiões brasileiras (Rodrigues et al., 2001; Lima et al. 2008), geralmente em áreas com precipitação pluvial superior a 1000 mm ao ano, porém o mais importante é sua distribuição ao longo do ano, por ser uma forrageira estacional, onde 70-80% de sua produção ocorre no período das águas (Vitor, 2006). Suporta temperaturas variando de 18 a mais que 30 °C, sendo em torno de 24 °C a temperatura ideal. Dependendo da cultivar pode suportar até geadas (Vitor, 2006). Sua descrição original data de 1827, caracterizando-o como um tetraplóide com $2n=28$, embora haja alguma variação entre as subespécies, sofrendo modificações ao longo do tempo. Atualmente, a espécie *Pennisetum purpureum* pertence à família *Gramineae*, sub-família *Panicoideae*, tribo *Paniceae*, gênero *Pennisetum* L. Rich e espécie *P. purpureum*, Schumacher (Tcacenco e Botrel, 1997). Durante muito tempo foi reconhecido como espécie forrageira de alto potencial para alimentação de rebanhos, principalmente bovinos de leite, sendo atualmente encontrado em regiões que variam desde o nível do mar até 2200 m de altitude, sendo mais adaptado a altitudes de até 1.500 metros (Vitor, 2006). Existe um grande número de cultivares disponíveis em coleções no Banco Ativo de Germoplasma de Capim Elefante (BAGCE) do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite (CNPGL) da Embrapa, constituindo um dos mais completos do país (Araújo et al., 2008), porém não há uma lista mínima de descritores que permita uma perfeita descrição entre as mesmas (Tcacenco & Botrel, 1997). Assim, freqüentemente se utiliza a diferenciação por genótipos, embora não exista um sistema rígido de controle e classificação dos germoplasmas por ocasião das coletas de material e de repasse de informações, quando do fornecimento do material genético a outras instituições.

Pelas características fisiológicas, é uma espécie do tipo C-4, com alta eficiência fotossintética cujas demandas por nitrogênio são baixas e ainda são mais eficientes na utilização deste nutriente do que as plantas C-3, e necessitam de apenas a metade da água para se desenvolver, além de serem até 40% mais eficazes na produção de biomassa. Possui crescimento rápido e sua colheita pode ser mecanizada (Taiz & Zeiger, 1998). Alguns genótipos são de baixa qualidade forrageira, mas vinham sendo cultivados pela sua rusticidade e adaptação às mais diferentes condições edafoclimáticas, e pelo seu elevado volume de produção. Em condições controladas, o potencial de rendimento médio de matéria seca de variedades como Gramafante, Cameroon, BAG, Guaçú, CNPGL 91F06-3, entre outros, superam 40 toneladas anuais por hectare, o que corresponde ao dobro da biomassa média produzida pela cultura do Eucalipto (Morais et al., 2007).

Deve-se destacar também que numerosas bactérias diazotróficas têm sido encontradas no interior de plantas desta cultura, dentre elas podemos citar a *Glucanacetobacter diazotrophicus* (Quesada, 2005) e *Herbaspirillum* (Kirchhof et al., 2001), do que se deduz, como ocorre com a cultura de cana-de-açúcar, que genótipos eficientes em associar-se com estas bactérias conseguem receber significativa contribuição da fixação biológica de nitrogênio (Reis et al., 2001), o que pode ser a explicação para alta produção de biomassa em solos extremamente pobres em N disponível. Quesada (2005) e Morais (2008) estudando a contribuição da fixação biológica de nitrogênio em capim elefante verificaram contribuições que chegaram até 50% do nitrogênio acumulado pela cultura.

2.4 Importância do Nitrogênio na Produção de Agroenergéticos

Nos agrossistemas, o adubo nitrogenado é o principal veículo de adição de N e um dos insumos de maior importância pelo desempenho crescente na produtividade vegetal e pelo atendimento da demanda de alimentos (Lopes, 2007). A adubação nitrogenada é reconhecida por inúmeros autores como um dos componentes que mais demandam energia na produção agropecuária, chegando a responder por até 50% de toda energia consumida nas etapas

agrícolas de um sistema de produção (Cleveland, 1995; Læg Reid et al., 1999; Pimentel & Patzek, 2005, Urquiaga et al., 2005). Isto decorre das características do processo Haber-Bosch, que a indústria de fertilizantes utiliza para fixar o nitrogênio atmosférico transformando-o em amônia, produto intermediário que serve como matéria-prima para a maioria dos fertilizantes nitrogenados como a uréia. Este processo consome grandes quantidades de energia, em torno de 35 Giga Joules por tonelada de nitrogênio fixado, emitindo ao redor de 2 toneladas de CO₂ para a atmosfera, valores estes referentes às plantas européias mais modernas (Macedo & Koller, 1997). Isto faz com que também o custo do adubo nitrogenado seja alto e, como consequência quase que direta, o nitrogênio é o fator limitante mais freqüente na produção agrícola (Blumenthal et al., 2001). Impossível seria deixar de considerar os efeitos ambientais desfavoráveis sobre os corpos d'água e lençóis subterrâneos, resultantes da utilização freqüente ou indiscriminada de fertilizantes desta categoria, muito comum em países desenvolvidos (Pimentel, 1980; Pimentel et al., 2002; USDA, 2003).

Outro aspecto importante, decorrente do uso agrícola de fertilizantes nitrogenados, é sua eficiência de utilização, particularidade de cada cultura. Este parâmetro também pode variar em função de inúmeros fatores que podem ser de caráter edafoclimáticos, especialmente relacionados com a disponibilidade hídrica, e com a época de aplicação. Geralmente, a eficiência de utilização de fertilizantes nitrogenados apresenta valores na faixa de 40 a 60%. Isto não significa que o restante é perdido, pois parte do fertilizante não utilizado pode permanecer no solo e estar disponível para as culturas subseqüentes. Porém, as culturas agrícolas exportam grandes quantidades de N na forma protéica, mantendo uma tendência de redução nos estoques deste elemento no solo (Balasubramanian et al., 2004, Peoples, 2004).

Através do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), microrganismos simbióticos ou associativos são capazes de fixar nitrogênio atmosférico em formas orgânicas. O processo de redução do N₂ até amônia, sob condições fisiológicas, é termodinamicamente favorável, catalisado pelo complexo enzimático da nitrogenase. Para a agricultura global, a forma mais importante, em decorrência a mais estudada, de FBN é a simbiótica realizada por leguminosas. Resultados estimados já na década passada davam conta de que o aporte de nitrogênio fixado simbioticamente por leguminosas estava na ordem de 40 milhões de toneladas de N por ano (Læg Reid et al., 1999). Alves et al. (2003) estimaram que no Brasil, onde a soja é cultivada sem adição de fertilizante nitrogenado e todo nitrogênio protéico é derivado da FBN, o benefício econômico é de 2,5 bilhões de dólares ao ano. Embora o nitrogênio que resulta fixado pela FBN esteja inicialmente restrito ao sistema planta-microrganismo, o seu destino, transporte e fluxos no contexto ambiental deve ser necessariamente considerado como integrante do ciclo do nitrogênio. Isto significa que o manejo agrícola com a utilização de culturas que aportem nitrogênio ao sistema, como adubos verdes, por exemplo, é uma prática desejável e importante para manter saldos positivos de N no solo. Além disso, uma elevada taxa de FBN compensa a quantidade de N exportada nos produtos agrícolas, na ocasião da colheita (Boddey et al., 1997; Alves et al, 2003).

Geralmente, considera-se que a relação simbiótica de leguminosas com rizóbios possui maior especificidade, apresentando um nível evolutivo mais avançado (Cocking, 2003). Porém, inúmeras bactérias de diversos gêneros e espécies que vivem na rizosfera de gramíneas sem formar nódulos, proporcionando benefícios para a planta através da fixação do N, produção de fitohormônios que estimulam o enraizamento, aumento da colonização micorrízica e aumento na eficiência de absorção de nutrientes e, conseqüentemente, na produtividade. Espécies desse grupo ocorrem na rizosfera, filosfera e mesmo no interior dos tecidos das plantas, como as bactérias endofíticas (Lopes, 2007). Este é um dos temas de pesquisas científicas mais recorrentes e tradicionais da Embrapa Agrobiologia, iniciado por

Johanna Döbereiner na década de 1950. A significância agrônômica destas relações ainda não completamente compreendidas é motivo de inúmeras discussões, todavia é certo que poáceas (gramíneas) como cana-de-açúcar e outras são capazes de obter nitrogênio do ar mediante a fixação biológica por bactérias diazotróficas, que não possuem o hábito de infectar as plantas intactas nem persistem no solo por muito tempo (Boddey et al., 2003; Saikia & Jain, 2007).

Não seria realístico considerar a agricultura como sustentável em ampla escala sem a fixação biológica de nitrogênio. O processo oferece atrativos tanto ambientais quanto econômicos, e promove considerável redução na dependência dos combustíveis fósseis. Face ao agravamento da crise energética mundial, o papel crucial que pode representar a agricultura com menos aporte de adubos químicos, e com mais adubos orgânicos e mais biofertilizantes, é essencial para garantir a produtividade sustentável dos solos e assegurar a segurança alimentar (Saikia & Jain, 2007). Portanto, a contribuição da FBN num sistema de produção é de grande importância para uma economia de N-fertilizante, que demanda altos níveis de energia fóssil para sua produção, por isso deduz-se que os programas agroenergéticos somente serão sustentáveis se o consumo de N-fertilizante for cada vez menor e de forma mais eficiente, onde a FBN assume papel fundamental para garantir o suprimento de nitrogênio para a planta.

2.5 Técnica de Abundância Natural de ^{15}N

A técnica da abundância natural de ^{15}N ($d^{15}\text{N}$) vem ganhando destaque a nível de campo e baseia-se no fato de que, geralmente, o N do solo é levemente enriquecido com o isótopo ^{15}N em comparação ao N_2 do ar (Shearer & Kohl, 1986). O nitrogênio do ar apresenta cerca de 0,3663% de ^{15}N e o restante (99,6337%) de ^{14}N (Junk & Svec, 1958). Porém, devido à discriminação isotópica que ocorre durante as transformações do nitrogênio no sistema solo-planta, ambos podem apresentar valores de ^{15}N um pouco maiores que os encontrados na atmosfera (Shearer & Kohl, 1986). Estas variações são extremamente pequenas, convencionando-se então que cada unidade de delta ^{15}N seria a abundância natural dividida por mil, ou seja, 0,0003663 átomos % de ^{15}N em excesso. Espécies que são capazes de obter do ar a maior parte do nitrogênio necessário para sua nutrição, apresentarão valores de $d^{15}\text{N}$ bem próximos a zero, uma vez que a maior parte do N virá do ar, que é o padrão da técnica e possui 0,3663 % de ^{15}N , ou seja, zero unidades de delta ^{15}N . Por outro lado, as espécies não fixadoras crescendo no mesmo solo terão valores de $d^{15}\text{N}$ mais elevados e próximos aos do solo, uma vez que toda ou a maior parte do N necessário para o seu desenvolvimento é derivado deste.

Esta técnica, como todas as outras utilizadas na determinação da contribuição da FBN para as plantas, também apresenta limitações, exigindo algumas considerações. Assim como as outras técnicas isotópicas, esta técnica depende da premissa básica de que as plantas fixadoras e não-fixadoras, crescendo no mesmo solo, absorvam nitrogênio do solo com a mesma marcação com ^{15}N (Shearer & Kohl, 1986). Esta limitação pode ser contornada selecionando-se espécies-referência, com desenvolvimento radicular e demanda de N semelhantes à planta avaliada. Outra limitação do método consiste no alto custo das análises, e a necessidade de um maior cuidado com a manipulação das amostras (Boddey, 1987). Além das dificuldades descritas acima, é importante considerar também os valores de fracionamento isotópico (valor B) das plantas fixadoras crescendo em meios livres de N combinado. Estas variações se dão em nível de espécie da planta, das estirpes das bactérias diazotróficas envolvidas, e do estágio e condições de crescimento. Sendo assim, é necessário que se utilize um fator de correção, (valor B), que possa expressar a discriminação isotópica de ^{15}N feita por cada espécie (Peoples et al, 1989). Por outro lado, as diferenças que possam existir na exploração do volume do solo pelas raízes das plantas teste e controle e as diferenças na curva de absorção de nutrientes entre elas, são fatores que permitem sugerir o uso de mais de uma

espécie como referência (Shearer & Kohl, 1986). Ainda assim, o uso desta técnica, com os devidos cuidados descritos acima, normalmente apresenta alta correlação com a técnica de diluição isotópica de ^{15}N com aplicação de ^{15}N -Fertilizante na marcação do solo que é, atualmente, a técnica mais difundida e aceita para fins de quantificação da contribuição da FBN para as plantas (Peoples et al., 1989). O estudo da FBN para as gramíneas é de fundamental importância para que se saiba a real contribuição da FBN nas mesmas, para que no futuro se possa potencializar a produtividade e viabilizar novas formas de manejo. Esta quantificação poderá então viabilizar novas tomadas de decisões, visando à redução de custos. A pesquisa sobre a FBN vem evoluindo bastante ao longo dos anos, mas sabe-se que há uma longa trajetória até que se encontre um sistema produtivo que realmente possa ser considerado sustentável. Morais (2008) estudando a fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de capim elefante durante três ciclos da cultura em Anchieta-ES verificaram uma contribuição da FBN variando em média entre 33 a 46%. Quesada (2005) também estudando a fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de capim elefante em Seropédica-RJ, observou uma contribuição da FBN variando em média entre 38,8 e 57,3%. Esses estudos mostram o potencial da cultura do capim elefante para se beneficiar da contribuição biológica de nitrogênio, evidenciando a capacidade da utilização do N-atmosférico e assim minimizando custos de produção com o uso de N-Fertilizante, tornando possível a formação de um sistema sustentável de produção ao longo do tempo.

2.6 Extração de Macronutrientes pela Cultura de Capim Elefante

O capim elefante é reconhecidamente uma das gramíneas forrageiras de mais alto potencial produtivo, sendo então de elevada extração de nutrientes, principalmente os macronutrientes, mais ainda quando é utilizado para corte, como é o caso do presente estudo, exportando-se toda a biomassa produzida. A produtividade das pastagens brasileiras, além de baixa, é marcadamente estacional, sendo o nitrogênio e o fósforo os elementos que mais limitam a produção em solos ácidos de baixa fertilidade. O potássio é outro nutriente demandado em altas quantidades por esta cultura (Morais, 2008).

As deficiências nutricionais limitantes ao estabelecimento e produção de capim elefante têm sido associadas a fatores relacionados com acidez do solo, particularmente toxidez de alumínio e baixa disponibilidade de cálcio e magnésio, e a deficiência generalizada de fósforo. Outros nutrientes, como nitrogênio, potássio e enxofre podem limitar o estabelecimento de gramíneas (Quesada, 2005).

Quesada (2005) avaliou a composição química inorgânica da biomassa de quatro genótipos de capim elefante que variou entre: Potássio (K), de 0,54 a 1,12 %; Cálcio (Ca), de 0,32 a 0,54 %; Magnésio (Mg), de 0,18 a 0,29%; Fósforo (P), de 0,08 a 0,19%, e observou um acúmulo dos nutrientes na biomassa destes genótipos de até 310 kg de K ha⁻¹, 41,4 kg de P ha⁻¹, 79,2 kg de Mg ha⁻¹, 167 kg de Ca ha⁻¹ e 121 kg de N ha⁻¹.

Gallo et al. (1974) encontraram a seguinte composição química para a biomassa produzida pelo capim elefante: Potássio (K), de 1,84 a 3,39%; Cálcio (Ca), de 0,43 a 0,67 %; Magnésio (Mg), de 0,17 a 0,30%; Fósforo (P), de 0,161 a 0,249% ; Enxofre (S), de 0,102 a 0,154% e Nitrogênio (N), de 1,96 a 2,63%.

Dentre os diversos macronutrientes essenciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas, se sobressai o nitrogênio, pelas suas funções relevantes na produção e síntese de aminoácidos. Apresenta-se em quantidades insuficientes na quase totalidade dos solos brasileiros, estando predominantemente ligado aos compostos orgânicos (98% do total). Como componente essencial da proteína, encontra-se nos resíduos de plantas, de animais e de microorganismos (Cruz et al., 1993). Como o N do solo apresenta-se principalmente na forma orgânica, é necessário, para a sua liberação e absorção pelas plantas, que haja mineralização,

processo pelo qual o nutriente se torna disponível para a absorção pelas plantas, e que envolve a participação de microrganismos.

O nitrogênio é constituinte da estrutura de proteínas e de ácidos nucléicos, sendo absorvido pelas raízes na forma de nitrato e amônio. Enquanto a maior parte do amônio tem de ser incorporada aos compostos orgânicos das raízes, o nitrato é móvel no xilema, podendo ser armazenado nos vacúolos das raízes ou das folhas. Porém, para o nitrato ser incorporado aos compostos orgânicos, necessita ser reduzido à amônia, mediado pelas enzimas nitrato redutase e nitrito redutase, sendo a atividade da primeira marcadamente reduzida em plantas deficientes em molibdênio.

Quando o nitrogênio é suprido em quantidades insuficientes, o crescimento da planta fica comprometido, sendo mobilizado nas folhas mais velhas e translocado para as partes em crescimento, aparecendo como consequência a clorose e senescência das folhas mais velhas. Com um elevado suprimento de nitrogênio, a proporção de N solúvel, aminoácidos, amidas e nitratos tende a elevar-se, principalmente nas folhas, não significando necessariamente aumento no teor de proteínas, mas sim aumento no teor de N total e de “proteína bruta” (Magalhães et al. 2006; Quesada 2005).

A literatura sobre o efeito da adubação nitrogenada em capim elefante é vasta, e tem mostrado efeitos pronunciados na produção de matéria seca e proteína bruta. Entretanto, para que esses efeitos se evidenciem, há necessidade de que outros fatores, relativos a clima, solo, vegetação, etc., não sejam limitantes ao crescimento da planta. Quando os fatores citados não são limitantes, pode-se afirmar que a produtividade do capim elefante é controlada pelo fornecimento de nitrogênio (Monteiro et al., 1994).

Em plantas, a quantidade de fósforo é menor que nitrogênio, o potássio, e o cálcio. É um elemento que desempenha papel fundamental no armazenamento e transferência de energia pelas plantas, na atividade de membranas e na transmissão de caracteres hereditários (Malavolta et al., 1986), além de ser constituinte de uma série de compostos vitais ao metabolismo de vegetais. É um elemento móvel nos tecidos das plantas, sendo parte essencial de diversos açúcares envolvidos na fotossíntese, respiração, fixação biológica de nitrogênio e outros processos metabólicos, além de fazer parte de nucleotídeos e de fosfolipídios presentes nas membranas. Desempenha papel importante no metabolismo energético, devido à sua presença em ATP, ADP, AMP e pirofosfato.

Segundo Moreira et al. (2006), um dos maiores problemas no estabelecimento e manutenção das pastagens nos solos brasileiros (especificamente Latossolos e Argissolos, por serem os que mais predominam no território brasileiro), reside nos níveis extremamente baixos de fósforo disponível e total apresentados. Soma-se à pobreza natural em fósforo dos nossos solos, a alta capacidade de adsorção desse elemento, em consequência da acidez e teores elevados de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio do solo. É natural que, em tais circunstâncias, a adubação fosfatada seja necessária, contudo, a relação entre os custos de produção e o valor do produto animal ante o tempo requerido para o retorno na pecuária, bem como as alternativas agrícolas para o uso do solo, impõem sérias restrições aos maiores investimentos na adubação de pastagens (Lobato et al., 1986). Daí a necessidade de se buscar combinações adequadas de espécies forrageiras e doses, fontes e métodos de adubação fosfatada. A produtividade das pastagens brasileiras é baixa e marcadamente estacional, e nesse processo, o nitrogênio e o fósforo são os nutrientes que mais limitam a produção (Moreira et al., 2006).

O potássio é o único cátion monovalente essencial para todas as plantas e o mais abundante no citoplasma celular, desempenhando várias funções na planta. Na forma de íon inorgânico, está presente dentro das células como importante soluto, participando juntamente com outros solutos inorgânicos na osmorregulação celular da atividade enzimática (Malavolta et al., 1986). É o cátion mais abundante na planta, sendo notável a diferença na velocidade de

absorção quando comparado com outros elementos. Embora não se conheça composto orgânico tendo como parte constitutiva o potássio, sabe-se que o elemento é necessário para a ativação de uma série de enzimas presentes em vários processos metabólicos. É necessário ao desenvolvimento da clorofila, embora não constitua fração predominante na sua estrutura molecular, na absorção de CO₂, na abertura estomática, bem como no regime hídrico das células e dos tecidos das plantas. Sabe-se que plantas deficientes em potássio acumulam carboidratos e compostos nitrogenados solúveis, têm taxa respiratória aumentada e taxa de fotossíntese reduzida, em relação a plantas adequadamente supridas (Quesada 2005). O teor de potássio na planta está estreitamente correlacionado com resistência a determinadas doenças, a estresse de umidade, a baixa temperatura e ao acamamento de plantas.

No capim elefante utilizado em sistema de corte, e também de pastagem, pouco se conhece sobre o efeito do potássio na produção de biomassa. Ainda destaca-se que adubação potássica reveste-se de uma importância muito grande, especificamente quando a utilização da forrageira é feita sob sistema de corte. Por apresentar grande capacidade de produção de biomassa, a remoção desse nutriente devido ao corte e transporte para outras áreas, que não a de produção, acarreta geralmente em grandes problemas de desequilíbrio de potássio no solo (Mistura et al. 2006). Em estudo sobre a adubação potássica, Vicente-Chandler et al. (1959), registraram que para a produção de 15 a 50 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca, o capim elefante removeu entre 510 e 620 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio.

Para a produção de energia a partir de biomassa de capim elefante, alguns elementos têm uma grande importância na parte industrial, pois se estiverem em concentrações acima dos desejáveis pela indústria, acarretarão em perda de qualidade do capim. Essas concentrações desejáveis para o processo industrial são bem menores do que as concentrações necessárias para uma adequada dieta de bovinos, e é exatamente nesse contexto que está inserido o maior desafio da produção de capim elefante para a utilização como fonte de energia alternativa, especialmente na forma de carvão vegetal a ser empregado na indústria siderúrgica (Quesada, 2005). É necessário que os nutrientes estejam em concentrações suficientes para uma boa e/ou elevada produtividade no campo, ao mesmo tempo em que as concentrações de alguns nutrientes não podem ser elevadas o suficiente para que o capim perca qualidade industrial, sendo parte fundamental desse estudo a análise desses nutrientes e suas comparações com os setores de produção animal e industrial (Quesada, 2005).

Soma-se a isso o custo final de produção do capim, que está amplamente relacionado com os gastos em adubação, que tem grande peso no balanço energético da cultura, que quanto mais positivo, melhor e mais eficiente será a energia produzida. Quanto menos e mais racionalizadas forem as quantidades e gastos feitos com adubação, menor será o custo de produção, maior será o balanço energético, e o capim não perderá em qualidade devido a excesso de concentração de determinados elementos (Quesada, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Estudo de dois Genótipos de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) e Efeito da Fertilização Nitrogenada na Determinação da Melhor Época de Corte para Alta Produção de Biomassa.

3.1.1 Tratamentos e delineamento experimental

Foram realizados dois experimentos durante este estudo, onde o primeiro foi feito com dois genótipos de capim elefante: Paraíso e Roxo, sendo o primeiro previamente selecionado por sua rusticidade e alta produção de biomassa sob condições controladas e o plantio realizado através de sementes, este genótipo é híbrido de capim elefante (*Pennisetum hybridum*) sendo resultado do cruzamento do capim elefante comum (*Pennisetum purpureum* Schum.) com o milheto (*Pennisetum americanum*). O segundo genótipo foi escolhido devido este já ter se adaptado às condições edafoclimáticas de Cerrado. Cada genótipo recebeu dois tratamentos nitrogenados, equivalentes às doses de 0 e 100 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia, com quatro repetições. Desta forma, o delineamento estatístico global correspondeu a parcelas subdivididas, onde as parcelas receberam os tratamentos que corresponderam aos dois genótipos de capim elefante, e as subparcelas, os tratamentos de adubação nitrogenada. O corte para avaliação dos parâmetros em questão foi realizado quando os genótipos atingiram 180 dias de idade.

No segundo experimento, foram avaliadas doses de adubo nitrogenado (0, 50, 100, 150 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ na forma de uréia) em três épocas de corte (4, 5 e 6 meses após o plantio), com quatro repetições. A adubação foi realizada no momento do plantio. Desta forma, o delineamento estatístico global corresponde a parcelas subdivididas, onde as parcelas receberam os tratamentos que correspondem as quatro doses de nitrogênio, e as subparcelas os tratamentos que correspondem às três épocas de corte. Para o estudo, utilizou-se o genótipo de capim elefante cv. Paraíso, que foi selecionado por sua rusticidade e baixa exigência em N disponível no solo.

Nos dois experimentos, a adubação foi feita no fundo do sulco e cada unidade experimental, foi constituída de 4 linhas de capim elefante com 5 metros de comprimento, espaçadas de 1 metro, totalizando 20 m² por parcela.

3.1.2 Implantação e condução dos experimentos

Os experimentos foram implantados em 01 de dezembro de 2008, na área experimental da Universidade Federal do Tocantins, em Gurupi – TO, num Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. A análise de solo foi feita seguindo o método proposto pela Embrapa (1997), na profundidade de 0-20 cm, apresentando os seguintes valores: matéria orgânica 1,79%; nitrogênio 0,11%; carbono 1,06%; pH (H₂O) 5,75; alumínio 0,01 cmol_c dm⁻³; cálcio + magnésio 3,19 cmol_c dm⁻³; potássio 62,72 mg dm⁻³; fósforo 5,51 mg dm⁻³. Essa condição de fertilidade do solo apresentada durante o período de condução do experimento só foi obtida devido ao manejo empregado ao longo dos anos, onde em seu histórico, esta área foi usada para estudos de pesquisa agrônômica com rotações de culturas e com sistema de plantio direto, sendo realizado uso plantas leguminosas como crotalária, feijão guandu, feijão de porco antes da introdução da cultura principal, e com isso foi melhorando as condições físicas, químicas e biológicas da área. Para o plantio, foi realizado o preparo de solo através do sistema convencional, com aração e gradagem, e em seguida foi feita a abertura dos sulcos para a adubação de correção e posteriormente o plantio do capim elefante.

Mesmo assim, foi feita uma recomendação de adubação de plantio equivalente a 100 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio, e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples. Logo, essa recomendação foi realizada, porque na época do plantio ainda não havia sido realizada a análise química de solo, e devido ao Cerrado ser caracterizado como ambiente que apresenta solos de baixa fertilidade natural, a adubação de correção foi realizada de forma que esses nutrientes não fossem limitantes para a produção de capim elefante para essa região. Durante o período experimental, foram efetuadas duas capinas mecânicas, com 30 e 60 dias após o plantio do capim elefante. Na **Tabela 1**, são apresentados os dados climáticos da região de Cerrado durante todo o período de condução do estudo. Os dados de precipitação ocorrida neste período de estudo, evidenciam que o estudo foi realizado de forma a aproveitar a maior parte do período chuvoso da região de Gurupi-TO. Em anexo segue os dados climáticos diários ocorridos na região durante o mesmo período de condução do estudo.

Tabela 1. Resultados de temperatura (°C) e precipitação mensal ocorrida durante a condução do estudo de campo realizado na Universidade Federal do Tocantins, em Gurupi-TO

Mês	Temperatura Média (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Precipitação (mm)
Novembro	26,2	31,8	22,4	225,8
Dezembro	25,3	30,5	22,2	187,8
Janeiro	26,1	31,9	22,4	154,8
Fevereiro	25,1	31,0	21,8	283,4
Março	25,9	31,7	22,4	198,2
Abril	25,4	30,5	22,3	157,2
Maio	24,6	30,4	20,5	70,2
Média	25,5	31,1	22,0	-
Total	-	-	-	1277,4

3.1.3 Produção de matéria seca

No primeiro experimento, os tratamentos foram avaliados através da colheita da biomassa do capim elefante com 180 dias após o plantio. No segundo experimento, os tratamentos foram avaliados através da colheita da biomassa do capim elefante com vistas a aproveitar o período chuvoso, aos 4, 5 e 6 meses após o plantio.

Por ocasião de cada corte, foram consideradas as duas linhas centrais de cada parcela, totalizando 10 m². A biomassa das parcelas foi pesada, sem separar caule e folha, e logo após foram retiradas sub-amostras que em seguida foram levadas à estufa de secagem a 65°C até estabilização de seus pesos, sendo então posteriormente determinada a fração da matéria seca das plantas.

A proporção colmo/folha (C/F) presente, tanto nos genótipos do primeiro experimento como no genótipo do segundo experimento, foram calculadas a partir de cinco plantas coletadas aleatoriamente dentro de cada parcela no momento da colheita.

3.2 Nitrogênio Total Acumulado na Parte Aérea e Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) em Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob Diferentes Condições de Manejo.

3.2.1 N-total acumulado

Para a análise de N-total acumulado na parte aérea da planta de capim elefante, após a determinação da produção de matéria seca nos compartimentos de colmo e folha, as amostras de plantas foram pré-moídas em moinho tipo Willey (peneiras de 2 mm), para análises de N-total, fibra (FDN), cinzas e teores de macronutrientes no tecido, em seguida levadas a moinho

de rolagem até pulverização (Smith & Myung, 1990). Neste material foram realizadas as análises de abundância natural de ^{15}N (Boddey et al., 1994).

3.2.2 Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada à cultura de capim elefante

Nos dois experimentos realizados, a contribuição da FBN na cultura de capim elefante foi estimada utilizando a técnica da abundância natural de ^{15}N proposta por Shearer e Kohl (1986). Nesta técnica, as plantas de capim elefante foram amostradas retirando-se a primeira folha completamente desenvolvida, denominada “folha +3”, que é utilizada para determinação do estado nutricional de cana-de-açúcar e também pelo fato dessa folha, de acordo com Boddey et al. (2001), apresentar o valor médio de abundância natural de ^{15}N da planta inteira em cana-de-açúcar, espécie da mesma família do capim elefante. Essa amostragem, nos dois experimentos, foi realizada nas parcelas que não receberam adubação nitrogenada, sendo coletadas ao acaso 10 folhas.

Para avaliar a uniformidade de marcação de ^{15}N na área experimental do estudo, foram coletadas no momento do plantio espécies de plantas espontâneas, sendo elas: Poaia-Preta (*Spermacoce verticillata* L.), Malva-Branca (*Sida cordifolia* L.) e Trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.) sendo utilizado como plantas testemunhas para determinação da abundância de ^{15}N , o que também servirá para avaliar a contribuição da FBN para o capim elefante. Para a coleta dessas plantas espontâneas, foi realizada uma amostragem composta de cada bloco experimental nas parcelas onde não houve aplicação de adubação nitrogenada.

A estimativa da FBN para o capim elefante foi obtida empregando-se a fórmula:

$$\% FBN = \frac{d^{15}N_{pl1} - d^{15}N_{pl2}}{d^{15}N_{pl1} - B} \times 100$$

Onde:

$pl1$ = $d^{15}\text{N}$ da planta-testemunha, valor de $d^{15}\text{N}$ do solo obtido em plantas não-fixadoras, utilizadas como referência;

$pl2$ = $d^{15}\text{N}$ da planta-teste, valor de $d^{15}\text{N}$ da planta fixadora de N_2 (capim elefante);

B = valor da discriminação isotópica de ^{15}N feita pelas plantas durante o processo de FBN, que foi considerado igual a zero (Boddey et al, 2001) visto que, em plantas não-nodulantes, o fracionamento isotópico nunca foi demonstrado.

As análises foram realizadas na Embrapa Agrobiologia, que dispõe de um espectrômetro de massas Finnigan modelo Delta Plus acoplado a um auto-analizador de C e N Carlo Erba.

3.3 Avaliação da Qualidade da Biomassa Produzida em Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob Diferentes Condições de Manejo.

3.3.1 Relação carbono/nitrogênio (C:N) e relação colmo/folha (C:F)

Um dos parâmetros de relevância para se avaliar a capacidade que o capim elefante tem em produzir energia, é a relação C:N (carbono/nitrogênio) apresentadas pelos materiais. A relação C:N dos dois experimentos realizados foi calculada através da divisão do teor de carbono acumulado na matéria seca (sendo estabelecido um teor de 45% de carbono da biomassa seca) pelo teor de nitrogênio total acumulado da matéria seca na parte aérea de capim elefante, fornecendo então um valor para esta relação. Já para a relação C:F (colmo/folha), os dados foram obtidos através da divisão do total de biomassa de colmos produzidos pelo total da biomassa de folhas.

3.3.2 Análise de fibras e cinzas

A determinação do teor de fibras, conforme proposto por Van Soest & Wine (1965) e descrito por Silva (1990), é baseada na separação das frações constituintes das forrageiras, por meio de reagentes específicos denominados detergentes. O uso de detergente neutro específico, dos constituintes da parede celular (CPC), obtendo-se um resíduo insolúvel no detergente neutro, denominado Fibra em Detergente Neutro, constituída em sua quase totalidade de lignina e celulose (lignocelulose), baseando-se na % do constituinte da parede celular. O método sugerido por Van Soest possui maior precisão que outros métodos para a análise da qualidade das forrageiras.

As cinzas são resultantes da combustão dos componentes orgânicos e oxidação nos inorgânicos em um forno mufla sob rígido controle de massa, temperatura, tempo e atmosfera. Para a determinação das cinzas, foram pesadas 1 g de biomassa, já sem umidade e voláteis, colocada em cadinho e levado ao interior do forno. A temperatura então foi elevada a 600 °C, e nessa condição, ficou por três horas. Ao final ficaram somente as cinzas. A percentagem de cinzas foi obtida pela diferença do peso inicial para o peso final.

As análises foram realizadas no laboratório de Solos da Embrapa Agrobiologia.

3.3.3 Análises de fósforo e potássio no tecido vegetal

As análises de nutrientes (fósforo e potássio) foram realizadas seguindo o método descrito por Silva (1999) baseado na digestão nitro-perclórica. A digestão foi realizada através da pesagem de amostras (200 mg) previamente moídas, adicionando-se 5 ml da mistura nitro-perclórica, e posterior aquecimento por 3 horas. Após a digestão e resfriamento das amostras, o conteúdo dos tubos com as amostras digeridas foram transferidas para um balão volumétrico de 50 ml, onde o volume foi completado com água destilada até essa marca.

Para a análise de fósforo, foi transferida alíquota de 5 ml para um vidro de diluição, adicionando-se 30 mg de ácido ascórbico e 10 ml de solução de molibdato de amônio diluída, descansando por 30 minutos. O espectrofotômetro foi ajustado para leitura a 660 nm e procedeu-se à leitura dos padrões, verificando a curva de calibração, fazendo o mesmo em seguida com as amostras.

Para a análise de potássio, foram transferidos 0,5 ml da amostra para um vidro de diluição, acrescentando-se 9,5 ml de água deionizada, lendo depois as amostras em fotômetro de chama, procedendo à leitura de potássio.

3.3.4 Poder calorífico superior (PCS) em capim elefante

O poder calorífico é definido como a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa de um material. O poder calorífico divide-se em superior e inferior. O poder calorífico superior é aquele em que a combustão se efetua a volume constante e no qual a água formada durante a combustão é condensada e o calor que é derivado desta condensação é recuperado. O poder calorífico inferior é a energia efetivamente disponível por unidade de massa de combustível após deduzir as perdas com a evaporação da água (Quirino et al., 2005 citando Jara, 1989). O poder calorífico superior foi determinado pelo método da bomba calorimétrica, e suas determinações foram realizadas na Embrapa Florestas. Os testes realizados foram feitos segundo a norma ABNT NBR 8633/84 e manual do calorímetro PARR 1201. As amostras utilizadas foram escolhidas em função da concentração de N-total em cada compartimento, colmo e folha. Para cada compartimento utilizou-se 10 amostras, onde para as amostras de folhas, a concentração variou entre 1,25 à 2,11% de N, e no colmo essa concentração variou entre 0,87 à 1,59% de N.

3.3.5 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos pacotes estatísticos Saeg 9.1 e Sisvar 4.3, das Universidades de Viçosa e Lavras, respectivamente. Para testar a normalidade e homogeneidade das variâncias dos erros foram utilizados os testes de Lilliefors e de Cochran & Bartley, respectivamente, contidos no programa estatístico Saeg 9.1. Com os pressupostos atendidos, normalidade e homogeneidade com distribuição explicada pela função normal, foram realizadas a análise de variância (ANAVA) com a aplicação do teste F e, para as variáveis cujo teste F for significativo, compara-se às médias de tratamentos pelo teste de Tukey, ($p=0,05$), com a utilização do pacote estatístico Sisvar 4.3. Em anexo, são apresentados os quadros de análises de variância para todas as análises estatísticas realizadas para os dois experimentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo de dois Genótipos de Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e Efeito da Fertilização Nitrogenada na Determinação da Melhor Época de Corte para Alta Produção de Biomassa.

4.1.1 Rendimento de biomassa

Os resultados apresentados a seguir são relativos aos rendimentos de biomassa obtidos durante 6 meses de cultivo, que corresponde ao período compreendido entre Dezembro de 2008 e Junho de 2009. O rendimento total de matéria seca referente ao primeiro ciclo estudado para a ausência de adubação nitrogenada e aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ variou entre 30,0 a 37,3 Mg ha⁻¹ e 31,9 a 42,6 Mg ha⁻¹ respectivamente.

Tabela 2. Rendimento de biomassa seca (Mg ha⁻¹) de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, após 180 dias do plantio.

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Dezembro de 2008 à Junho de 2009					
	Colmo		Folha		Total	
	0	100	0	100	0	100
Paraíso	25,1 Ba	26,3 Ba	4,9 Aa	5,7 Aa	30,0 Ba	31,9 Ba
Roxo	30,3 Aa	33,9 Aa	7,0 Aa	8,7 Aa	37,3 Aa	42,6 Aa
Média	27,7	30,1	5,9	7,2	33,6	37,2
CV %	20,43	20,43	28,36	28,36	18,61	18,61

Na coluna letra maiúscula e na linha letra minúscula, os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p=0,05).

Quando avaliou os genótipos estudados para a produção de biomassa de capim elefante tanto na presença ou ausência de adubação nitrogenada, a produção de biomassa de colmo foi significativamente maior para o genótipo Roxo em relação ao genótipo Paraíso (**Tabela 2**). Não foi observada diferença significativa entre os genótipos estudados no que diz respeito à produção de biomassa seca de folhas para as doses de nitrogênio aplicadas. Por outro lado, em ambas as doses estudadas, o genótipo Roxo diferiu significativamente na produção total de biomassa seca em relação ao genótipo Paraíso, produzindo cerca de 7 Mg MS ha⁻¹ a mais para a ausência de fertilização nitrogenada e cerca de 10 Mg MS ha⁻¹ a mais para a presença de fertilização nitrogenada, em relação ao genótipo Paraíso.

Avaliando a produção de biomassa de capim elefante para cada genótipo estudado, não houve diferença significativa entre as doses estudadas no colmo, na folha e na produção total para ambos os genótipos. Em todos os parâmetros avaliados da produção de biomassa de capim elefante, o genótipo Roxo foi superior em relação ao genótipo Paraíso, com exceção da produção de biomassa seca de folhas. Possivelmente, o fato de o genótipo Roxo ter sido plantado através de partes vegetativas e o genótipo Paraíso plantado através de sementes podem explicar a diferença observada na produção de biomassa para os tratamentos avaliados, uma vez que a germinação e o desenvolvimento do genótipo Paraíso foram relativamente mais lento que o genótipo Roxo, devido à existência de maior reserva de nutrientes em mudas do que em sementes, proporcionando maior aporte inicial da cultura de capim elefante através das reservas nutricionais preexistentes, visíveis em campo.

Os rendimentos obtidos para o primeiro ciclo avaliado a partir de apenas um corte no período chuvoso em região de Cerrado podem ser considerados excelentes, uma vez que, confirmam a boa seleção dos genótipos realizada para alta produção de biomassa e uso como fonte alternativa de energia (Quesada, 2005; Morais, 2008). Dos genótipos avaliados no primeiro ciclo, ao redor de 72% da biomassa vegetal da parte aérea corresponde a colmos, valor de extrema importância devido ao seu alto conteúdo de fibras, lignina, e outros componentes importantes para uma boa qualidade da biomassa que tem finalidade o seu uso como fonte alternativa de energia.

No que diz respeito à influência da dose de N aplicada, os resultados são muito promissores, pois o comportamento observado contribui para reforçar a importância da economia de N-fertilizante no sistema de produção por ser um insumo que demanda muita energia fóssil na sua produção. Logo, qualquer economia no seu uso contribuirá para que a biomassa produzida apresente um balanço energético mais positivo.

No estudo realizado para avaliar a influência da adubação nitrogenada e a época de corte do capim elefante genótipo Paraíso, os resultados apresentados a seguir são relativos aos rendimentos de biomassa obtidos com cortes realizados do capim elefante aos 120, 150 e 180 dias de cultivo após o plantio em diferentes níveis de adubação nitrogenada via uréia (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N). O rendimento total de colmos de capim elefante durante o experimento variou entre 22,5 e 26,4 Mg MS ha⁻¹ para as doses de nitrogênio avaliadas. Houve um ajuste significativo quadrático para as doses avaliadas, onde o rendimento médio da produção de colmo foi bastante satisfatório, produzindo acima de 20 Mg MS ha⁻¹ mesmo na ausência de adubação nitrogenada (**Figura 1**). Estudos realizados por Silva (2007) com capim-marandu avaliando a influência de doses e fontes de N, observou um ajuste linear crescente com as doses de N aplicadas para produção de colmos.

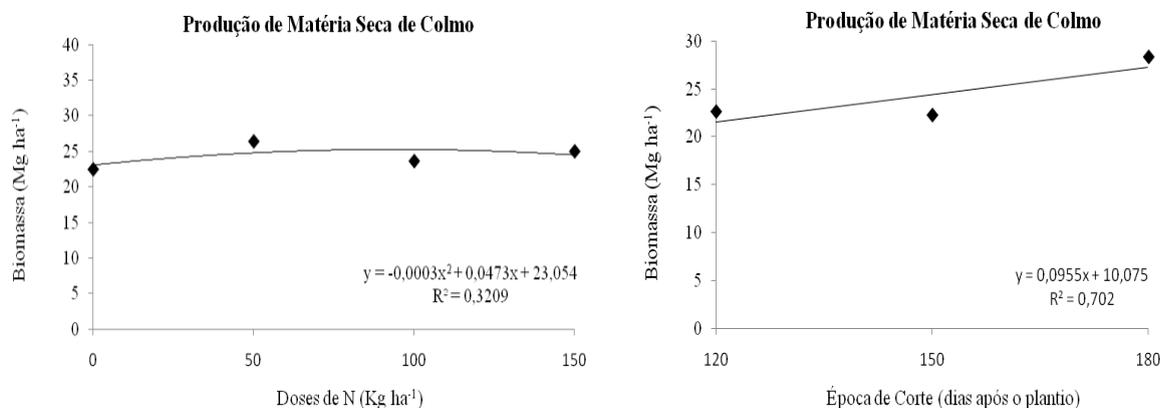


Figura 1. Rendimento médio de biomassa seca de colmo de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Quando avaliado a época de corte para produção de matéria seca no colmo de capim elefante (**Figura 1**), houve um ajuste significativo linear com aumento crescente da produção à medida que aumenta o intervalo de corte, chegando a uma produção no final de 180 dias após o plantio de 28,3 Mg MS ha⁻¹ de colmos. Para a obtenção desses resultados de produção de colmos foram realizadas médias gerais da produção dos três cortes para cada dose de nitrogênio aplicado, e para a produção de colmo em cada época de corte, foi feita uma média geral da produção de colmos com todas as doses. Estudos avaliando a época de corte de capim elefante sobre o rendimento dessa forragem também observaram incrementos da produção de

matéria seca com aumento dos intervalos de corte (Magalhães et al., 2006; Queiroz Filho et al., 2000; Leite et al., 2000).

Não houve ajuste significativo para a produção de matéria seca de folhas em função das doses de nitrogênio aplicadas, onde o rendimento total variou entre 4,6 e 5,5 Mg MS ha⁻¹ (**Figura 2**). Os resultados foram semelhantes aos obtidos por Morais (2008), trabalhando com seleção de genótipos de capim elefante, onde após seis meses de cultivo do capim obteve uma produção de folhas variando entre 4,8 e 7,8 Mg MS ha⁻¹. Silva (2007) estudando a eficiência da adubação nitrogenada do capim-marandu de pastagens sob doses e fontes de nitrogênio verificou um ajuste quadrático para a produção de biomassa de folhas quando usado a uréia como fonte fornecedora de N para o sistema, atribuindo a queda na resposta da adubação nitrogenada o fato de existirem grandes transformações da uréia no solo, o que significa grandes perdas por volatilização. Em condições elevadas de temperatura, ausência imediata de precipitação logo após a aplicação do adubo e as altas taxas de evapotranspiração de água do solo, as perdas por volatilização podem atingir cerca de 80% do N na forma de uréia comprometendo a produtividade da planta forrageira (Martha Júnior, 2003).

Houve um ajuste linear significativo para a época de corte avaliada, onde o maior intervalo (180 dias após o plantio) proporcionou maior produção de matéria seca de folhas, cerca de 6 Mg MS ha⁻¹, enquanto que o menor intervalo (120 dias após o plantio) produziu apenas de 3,9 Mg MS ha⁻¹. Queiroz Filho et al., (2000) observaram resposta linear negativa para a produção de folhas de capim elefante genótipo Roxo em função do aumento do intervalo de corte, uma vez que esta avaliação foi realizada até completado 100 dias após o plantio. Leite et al., (2000) também observou resposta linear negativa para a produção de folhas em função do aumento do intervalo de corte em capim elefante genótipo Cameroon. O aumento na produção de biomassa seca de folhas em capim elefante pode ter sido influenciada pelo favorecimento das condições climáticas ocorridas durante a condução do experimento (**Tabela 1**) com precipitações ocorridas durante todo o período de estudo, favorecendo a emissão de novas folhas incrementando a produção de biomassa em função do aumento do intervalo de corte do cpaim elefante.

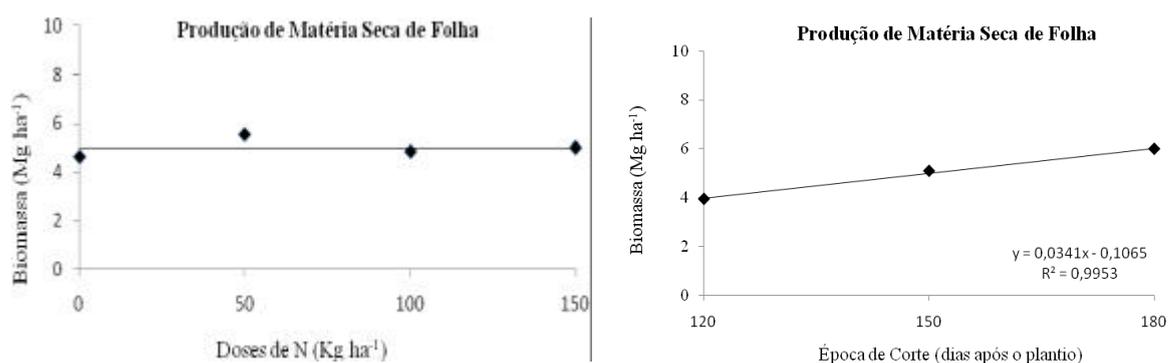


Figura 2. Rendimento médio de biomassa seca de folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Em relação ao rendimento total de biomassa de capim elefante, houve ajuste significativo quadrático para as doses de nitrogênio aplicadas, onde a produção de biomassa seca variou entre 27 e 32 Mg MS ha⁻¹ (**Figura 3**). A produção de biomassa obtida pode ser considerada excelente uma vez que foi superior a 20 Mg MS ha⁻¹ que era o esperado para a região de Cerrado, indicando uma região que possui potencial para alta produção de biomassa e uso como fonte alternativa de energia. Deve-se destacar que a produção obtida foi com

apenas um corte realizado, podendo essa produção ser maior no final de doze meses de cultivo com a avaliação do potencial de rebrota do capim e produção de biomassa no período da seca. Saraiva e Carvalho (1991) não observaram efeito de doses de N até 120 kg ha⁻¹, combinadas com níveis de adubação fosfatada, sobre a produção de matéria seca do capim elefante cv. Mineiro. Estudos realizados por Rocha et al., (2002) avaliando o efeito da adubação nitrogenada em gramíneas do gênero *Cynodon*, observaram resposta significativa à fertilização nitrogenada chegando até 400 kg ha⁻¹ de N. Em vários trabalhos realizados para avaliar a resposta a adubação nitrogenada em capim elefante, mostraram um aumento na produção de matéria seca em função do aumento da dose de nitrogênio aplicado (Vitor et al., 2009; Andrade et al., 2000; Magalhães et al., 2006; Andrade et al., 2003; Pegoraro et al., 2009).

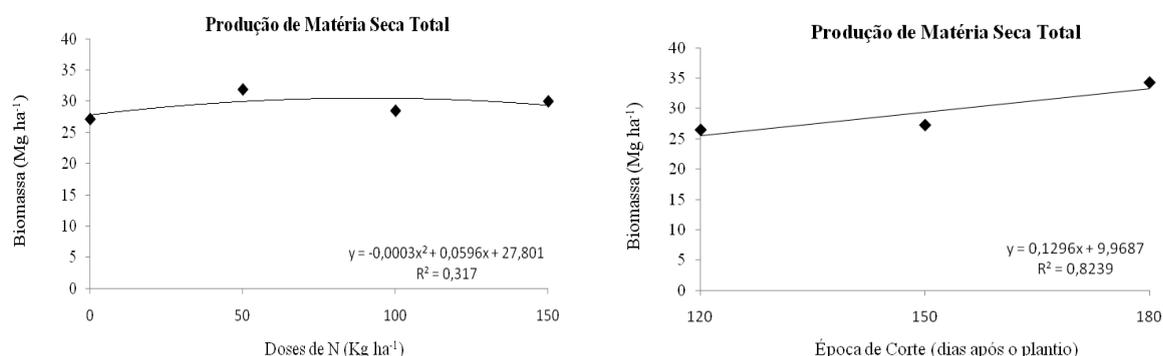


Figura 3. Rendimento médio de biomassa seca (matéria seca) total de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Quando avaliado a época de corte do capim elefante (Figura 3), houve um ajuste significativo linear para a produção de biomassa, onde o maior intervalo de corte atingiu uma produção com cerca de 34,3 Mg MS ha⁻¹ independente da dose de nitrogênio aplicada, indicando a melhor época de corte de capim elefante para alta produção de biomassa, pois aproveita melhor o período chuvoso da região de Cerrado (Tabela 1). Henriques et al., (2007), estudando quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada, verificaram que a produção de matéria seca dessas gramíneas estudadas aumentaram linearmente em virtude do aumento da idade de corte. Pereira et al., 2000, estudando cultivares de capim elefante e híbridos de capim elefante, observaram um mesmo comportamento em relação ao acúmulo de matéria seca, aumentando a produção em função do aumento do intervalo de corte. Já Queiroz Filho et al., (2000) observaram um ajuste quadrático para a produção de biomassa total de capim elefante genótipo Roxo, onde a partir dos 60 dias após o plantio a resposta é menos acentuada. Leite et al., (2000) estudando a produção de biomassa seca de capim elefante genótipo Cameroon em diferentes idades de corte, também observaram incrementos na produção de biomassa seca quando o intervalo de corte aumentou. Em concordância com vários autores, o aumento no acúmulo de biomassa produzida por capim elefante em função do aumento do intervalo de corte é esperado, uma vez que aumenta o período para a maturação fisiológica e conseqüentemente maior acúmulo de biomassa.

4.2 Nitrogênio Total Acumulado na Parte Aérea e Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) em Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob Diferentes Condições de Manejo.

4.2.1 Nitrogênio total acumulado

Em relação aos resultados de N total acumulado na parte aérea da planta nos dois genótipos estudados para o primeiro ciclo, os resultados acompanharam, de uma maneira geral, o que ocorreu com a produção de matéria seca (**Tabela 2**). Novamente não foi observada resposta significativa à aplicação de adubação nitrogenada para os dois genótipos avaliados.

Também de uma maneira geral, não foi observada diferença estatística entre os genótipos para os parâmetros avaliados, com exceção na dose de 100 kg ha⁻¹ de N, onde o genótipo Roxo diferiu estatisticamente para o genótipo Paraíso, extraindo cerca de 415 kg ha⁻¹ de N no colmo e cerca de 540 kg ha⁻¹ de N no total, enquanto que o genótipo Paraíso extraiu cerca de 305 kg ha⁻¹ de N no colmo e 400 kg ha⁻¹ de N no total (**Tabela 3**). Os resultados indicam que, mesmo não existindo diferença significativa na ausência de adubação nitrogenada, os valores encontrados na parte aérea da planta são muito altos, onde esse maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea está associado à alta produtividade do capim elefante (**Tabela 2**), sendo que os teores médios de percentagem de N total acumulado na parte aérea da planta foram de cerca de 1,3%, assemelhando-se com os resultados obtidos por Quesada (2005) e Morais (2008). Embora o estudo tenha sido feito em um solo de mediana fertilidade, um sistema associado a esta espécie pode estar promovendo entrada significativa de nitrogênio no sistema. As altas produções de biomassa associada aos altos níveis de N acumulado na planta somente foi possível devido o solo possuir alta disponibilidade de N obtido ao longo dos anos de cultivo desta área em estudo, onde no histórico dessa área, sempre houve introdução de leguminosas como crotalária, feijão de porco, feijão caupi antes do plantio das culturas principais, aumentando a fertilidade do solo com o aporte de nutrientes no solo.

Tabela 3. N total acumulado (kg ha⁻¹) em dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, após 180 dias do plantio.

Dezembro de 2008 à Junho de 2009						
Dose de N (kg há ⁻¹)	Colmo		Folha		Total	
	0	100	0	100	0	100
Paraíso	268,7 Aa	304,7 Ba	78,5 Aa	98,1 Aa	347,2 Aa	402,8 Ba
Roxo	354,6 Aa	414,4 Aa	101,9 Aa	124,4 Aa	456,5 Aa	538,9 Aa
Média	311,6	359,5	90,2	111,2	401,8	470,8
CV %	29,39	29,39	26,69	26,69	25,04	25,04

Na coluna letra maiúscula e na linha letra minúscula, os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p=0,05).

Em vários trabalhos realizados mostram o alto potencial desta cultura em acumular N na parte aérea, podendo ser explicado pela alta adaptabilidade que esta cultura possui em ser cultivadas em solos pobres. Com o favorecimento das condições edafoclimáticas da região, ou seja, aumento das chuvas e temperatura (**Tabela 1**) chegando a mais de 1.200 mm durante o período de condução do experimento e com uma temperatura média cerca de 25,5 °C, o capim elefante pode se desenvolver com maior facilidade atingindo no final dos 90 dias após o plantio uma altura de aproximadamente 2 m e com maior aporte de biomassa, pois

estas condições segundo Jacques (1997) estão próximas às ideais para a produção de capim elefante. Quesada et al., (2001) estudando o potencial de genótipos de capim elefante para produção de biomassa no período chuvoso, também encontraram acúmulos de N variando entre 370 e 540 kg de N por ha⁻¹, e não sendo observada influência significativa para o uso de adubação nitrogenada na dose de 100 kg ha⁻¹ de N.

No estudo que foi realizado para avaliar a influência da adubação nitrogenada e a época de corte de capim elefante, quando avaliamos a quantidade de N acumulado pela planta no colmo, foi observado um ajuste significativo quadrático, onde há um maior acúmulo de N na planta de capim elefante na dose de 50 kg ha⁻¹ de N, e logo em seguida com o aumento das doses, ocorre um decréscimo no acúmulo de N no colmo (**Figura 4**). Um ajuste significativo linear para a influência da época de corte também foi observado, onde à medida que aumenta o intervalo de corte, aumenta o teor de N acumulado no colmo na planta de capim elefante. Esses valores encontrados são altos quando comparados aos obtidos por Morais (2008) que encontrou um acúmulo de N no colmo chegando até 86,69 kg de N ha⁻¹ em 12 meses de cultivo de capim elefante. No estudo em questão, foram observados acúmulos na ordem média de 250 kg de N ha⁻¹, muito superior aos encontrados por Morais (2008).

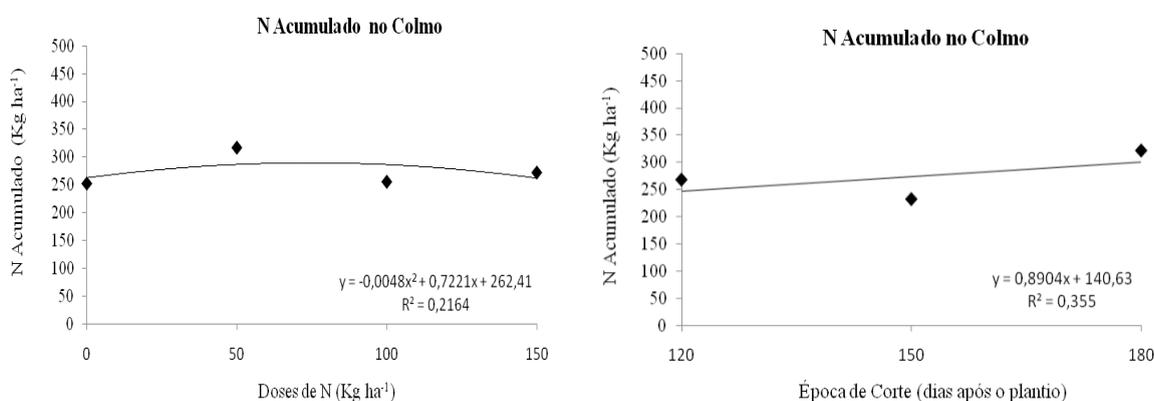


Figura 4. N acumulado (kg ha⁻¹) no colmo de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Já quando se avalia o acúmulo de N nas folhas, não houve um ajuste significativo para a aplicação das doses de N, onde o acúmulo de N nas folhas foi em média 78 kg de N ha⁻¹ (**Figura 5**). Morais (2008) verificaram acúmulos de nitrogênio na folha de capim elefante na ordem de 135,85 kg ha⁻¹ de N em estudo realizado com 12 meses de cultivo de capim elefante. Por outro lado, um ajuste significativo foi observado para a influência da época de corte do capim elefante, onde à medida que se aumenta o intervalo de corte do capim elefante, aumenta o acúmulo de N no tecido foliar. Esses acúmulos maiores à medida que aumenta o intervalo de corte é esperado, uma vez que, com o aumento da época de corte, houve aumento da produção de biomassa e conseqüentemente um maior acúmulo de nutrientes na planta, entre eles o nitrogênio.

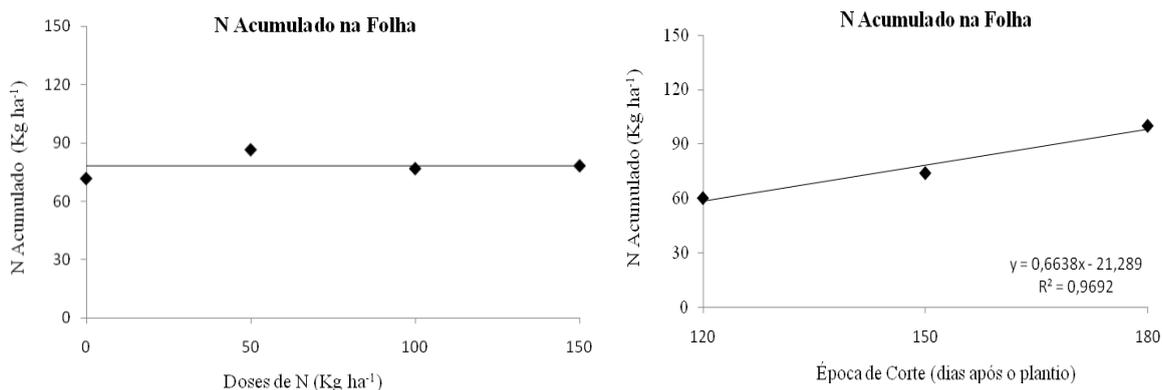


Figura 5. N acumulado (kg ha^{-1}) na folha de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Para o acúmulo total de N na parte aérea do capim elefante, foram observados ajustes significativos para as doses de N e para a época de corte do capim elefante. Foi observada uma tendência ao maior acúmulo de N na parte aérea de capim elefante com a dose de 50 kg ha^{-1} de N (**Figura 6**). Como observado no estudo anterior, também houve aumento no acúmulo de N na parte aérea da planta de capim elefante à medida que aumenta o intervalo de corte. Menores acúmulos foram observados por Quesada (2005) que encontrou valores de acúmulo de N chegando até $270 \text{ kg de N ha}^{-1}$ em 15 meses de cultivo de capim elefante, e Moraes (2008) encontraram valores chegando até $217 \text{ kg de N ha}^{-1}$ em 12 meses de cultivo. Vale lembrar que esses dois estudos foram conduzidos em solos de baixa fertilidade, principalmente baixo teor de N no solo.

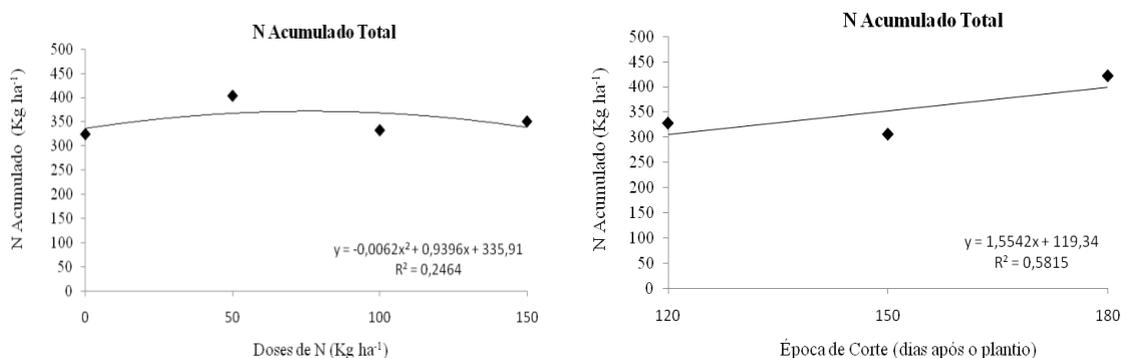


Figura 6. N total acumulado (kg ha^{-1}) de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Em um estudo realizado por Martello et al. (2000), avaliando a influência da adubação nitrogenada para a produção de biomassa seca de capim elefante cv. Guaçu observaram o aumento da extração de N por essa cultura em função do aumento das doses de nitrogênio aplicadas, atingindo na dose de 240 kg ha^{-1} uma extração equivalente acima de 300 kg ha^{-1} de N com uma produção de biomassa seca cerca de 25 Mg ha^{-1} . Contudo, o capim elefante é uma planta exigente em nutrientes, em decorrência do seu elevado potencial de produção, sendo a extração de nutrientes do solo pela forrageira, proporcional aos rendimentos de biomassa. Com o manejo e adubação intensivos, normalmente verifica-se uma remoção apreciável de

nutrientes, em especial o nitrogênio, além de perdas deste elemento nas adubações elevadas (Martello et al., 2000).

4.2.2 Contribuição da fixação biológica de nitrogênio no sistema solo-planta.

Na **Figura 7** são apresentados os resultados percentuais da contribuição da FBN nos tratamentos estudados para o primeiro estudo realizado. Nos tratamentos onde foi realizada a adubação nitrogenada, a FBN não é quantificada, sendo que para a obtenção da fonte usada (uréia) é utilizado o N do ar atmosférico para síntese, podendo ocorrer uma superestimação da contribuição FBN (Quesada, 2005).

Para a avaliação da contribuição da FBN para o sistema foram usadas as médias das três testemunhas usadas, já que não foi observada diferença entre os valores de delta ^{15}N nos blocos de experimentação para efeito dos cálculos da FBN nem entre as espécies de plantas testemunhas. Quando avaliada a contribuição da FBN nos dois genótipos de capim elefante, observou-se que, para o ciclo avaliado a contribuição da FBN foi inferior a 10%, diferente dos resultados obtidos por Quesada (2005) e Morais (2008), que encontraram valores médios para a contribuição da FBN superiores, variando entre 51 a 77% e 31 a 54%, respectivamente, valendo ressaltar que os dois estudos desses autores foram em ambiente de Mata Atlântica, com características edafoclimáticas e de solos diferentes do ambiente de Cerrado, e sob solos Planossolo e Argissolo muito pobres em N disponível. Após este estudo verificou-se que a única fonte de extração de nitrogênio para a planta foi o solo, e como este solo tinha uma mediana fertilidade com cerca de 0,11% de N nas camadas superiores até 20 cm de profundidade, ocorrendo forte liberação de N estimulada pela calagem no qual o processo da FBN deve ter-se afetado, uma vez que este processo comporta-se como uma complementação ao suprimento de N do solo para a planta. Logo, com o passar do tempo e uma redução no estoque de N disponível do solo, espera-se que a contribuição da FBN seja maior, garantindo assim a sustentabilidade do sistema de produção ao longo do tempo.

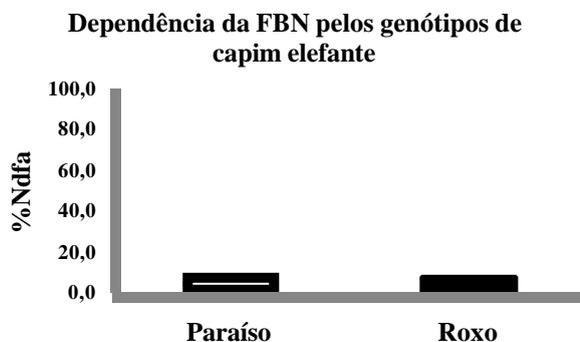


Figura 7. Contribuição na fixação biológica de nitrogênio em dois genótipos de capim elefante, em uma colheita realizada aos 180 dias após o plantio, na área experimental da UFT, Gurupi-TO.

No outro experimento, quando avaliada a influencia da época de corte na contribuição da FBN, verificou-se que a contribuição da fixação de N para a primeira e segunda época de corte (120 e 150 dias após o plantio, respectivamente) foi praticamente nula (**Figura 8**). A contribuição da FBN de 9,2% apenas foi observada na terceira época de corte (180 dias após o plantio), mesmo assim pouco expressiva quando comparados aos valores encontrados por Quesada (2005) e Morais (2008), já mencionados. Estudos sobre a contribuição da FBN em gramíneas com fins energéticos em região de Cerrado é de suma importância, uma vez que

esta pode ser a estratégia para a garantia de um sistema de produção sustentável ao longo do tempo. A fixação biológica de nitrogênio é diretamente influenciada por fatores abióticos como, temperatura, umidade, presença de gases como CO₂ e O₂, concentração de nitrogênio mineral no solo, presença de fósforo, acidez, presença de íons tóxicos como Al³⁺ e Mn⁺² e presença de molibdênio assimilável no solo (Castro et al., 1993). Fatores bióticos como a presença de microrganismos competidores e/ou predadores que produzem toxinas e antibióticos podem influenciar diretamente o processo de fixação (Trinick, 1982).

Um dos fatores que podem ter influenciado a baixa contribuição da fixação biológica de nitrogênio no capim elefante, nas condições estudadas, pode ser a baixa disponibilidade de micronutrientes, sendo que segundo Pompei (2007) nos processos metabólicos da FBN o molibidênio é o microelemento chave, embora outros, como cobalto, cobre, ferro e manganês sejam igualmente essenciais por participarem do processo de FBN. Segundo Pompei (2007) quanto maior a biodisponibilidade (disponibilidade dentro da planta) do molibidato maior a intensidade da redução de nitratos, que, com sua consequente diminuição no simplasto, estimula a produção de quantidades adicionais pelas bactérias. Em contrapartida, qualquer excesso da biodisponibilidade de nitrato na seiva inibe fortemente a FBN, prejudicando toda a simbiose e a nutrição nitrogenada da cana-de-açúcar. Contudo, todos esses fatores podem ter afetado a FBN, principalmente a boa disponibilidade de nitrogênio.

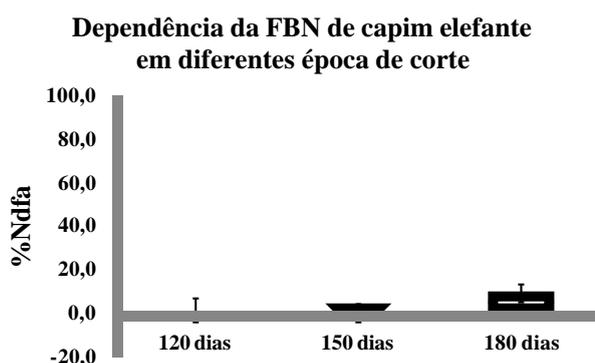


Figura 8. Contribuição na fixação biológica de nitrogênio em capim elefante, em três épocas de colheita, na área experimental da UFT, Gurupi-TO.

4.3 Avaliação da Qualidade da Biomassa Produzida em Capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob Diferentes Condições de Manejo.

4.3.1 Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) e relação Colmo/Folha (C/F)

Um dos parâmetros de interesse para se avaliar a capacidade que o capim tem de acumular energia, é a relação carbono/nitrogênio (C/N) da biomassa dos genótipos em estudo. Outro parâmetro que se deve avaliar neste estudo é a relação colmo/folha (C/F) da biomassa produzida pela planta, pois os colmos possuem mais características desejáveis para o uso como fonte de energia alternativa (Samson et al., 2005). As relações C/N e C/F foram calculadas através da divisão do teor de carbono pelo teor de nitrogênio acumulado na biomassa seca, e pela divisão do total de biomassa seca de colmos produzidos pelo total de biomassa seca de folhas produzidas, respectivamente. O resultado dos valores apresentado

permite também saber um pouco mais sobre a capacidade que os genótipos de capim elefante possuem em acumular biomassa por unidade de N (Morais, 2008).

Em ambos os parâmetros relação C/N e relação C/F não foram observadas diferenças significativas entre doses de nitrogênio nem entre genótipos. O genótipo Paraíso apresentou, em valores absolutos, valores maiores tanto na relação C/N quanto na relação C/F, quando comparados aos valores encontrados no genótipo Roxo (**Tabela 4**). Esses dados são muito promissores indicando a alta capacidade de produção de colmos, o qual tem maior importância siderúrgica (Morais, 2008). Este estudo é importante, pois fornece informação da qualidade que os materiais possuem para serem utilizados como fonte alternativa de energia, pois quanto maior a relação C/N normalmente o material é mais fibroso e lignificado, ou seja, apresenta melhores condições para o uso energético, além de indicar maior capacidade produtiva com menos nitrogênio acumulado.

Tabela 4. Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) e relação Colmo/Folha (C/F) da biomassa produzida por dois genótipos de capim elefante, crescidos com duas doses de N, no campus experimental da UFT, Gurupi-TO. Após 180 dias do plantio.

Genótipo	Dose de N kg ha ⁻¹	Dezembro de 2008 à Junho de 2009	
		C/N	C/F
Paraíso	0	39,1 a	4,7 a
	100	37,0 a	5,5 a
Roxo	0	37,5 a	4,0 a
	100	35,6 a	4,4 a
Média		37,3	4,6
CV %		11,48	23,46

Em cada coluna, os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ($p=0,05$).

Quando avaliada a influência da fertilização nitrogenada e a época de corte de um genótipo de capim elefante, não foi observado ajuste significativo para a relação C/N da parte aérea, e em média esta relação foi de cerca de 39, independente do manejo utilizado (**Figura 9**). Moraes (2008), em estudo para seleção de genótipos de capim elefante, encontrou relação C/N da biomassa variando entre 126 e 156, e em outro estudo para seleção de genótipos de capim elefante, encontrou relação C/N próxima de 80. Tal fato pode ser explicado em função do moderado nível de fertilidade do solo do estudo, com possível maior disponibilidade de N no sistema, favorecendo maior acúmulo de N por unidade de C, do que em plantas cultivadas em solos pobres em N disponível ou onde a FBN não alcança a eficiência desejada.

Também não foi observado ajuste significativo para a relação colmo/folha para a avaliação da influência da fertilização nitrogenada, onde esta relação foi cerca de 5. Em um estudo com capim elefante realizado por Andrade et al. (2003) também não foi observado resposta a adubação nitrogenada para a relação colmo/folha. Já quando avaliado a influência da época de corte na relação colmo/folha, um ajuste linear significativo foi observado, onde à medida que aumenta o intervalo de corte esta relação tende a diminuir (**Figura 10**). O resultado observado não era esperado, uma vez que à medida que aumenta o intervalo de corte, aumenta o período de maturação do capim elefante e conseqüentemente aumenta a quantidade de compostos lignificados e fibrosos e redução das lâminas foliares, associando às condições edafoclimáticas da região durante o período de condução do estudo (**Tabela 1**), o fato de ter ocorrido precipitações até o último mês de avaliação pode ter estimulado a emissão de novas folhas e com isso acarretado em uma redução na relação colmo/folha.

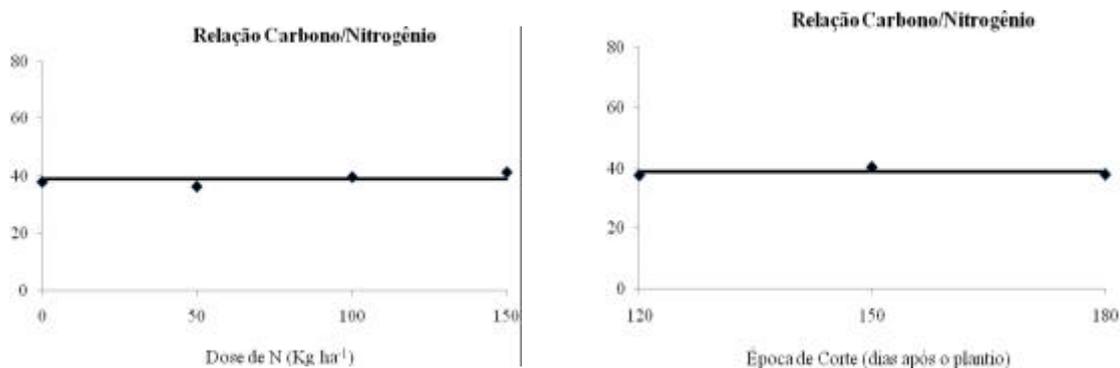


Figura 9. Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

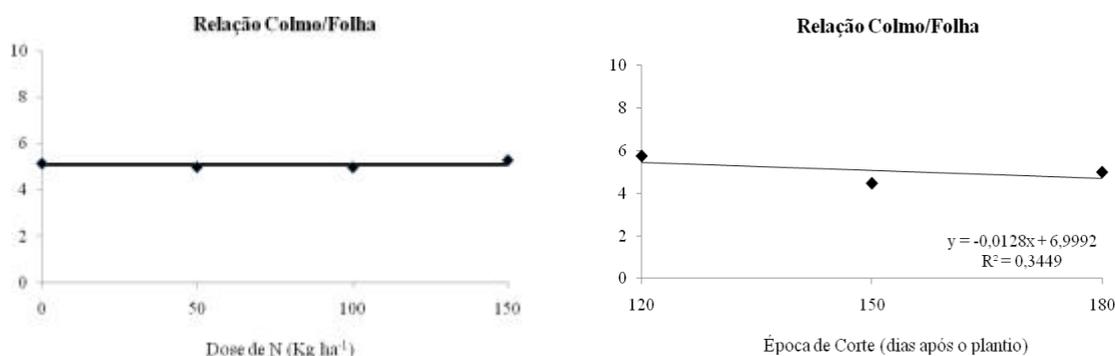


Figura 10. Relação Colmo/Folha (C/F) de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Queiroz Filho et al. (2000) estudando a influencia da época de corte de capim elefante também observou resposta linear positiva para a relação colmo/folha em função da idade de corte, corroborando com os resultados relatados por Santana et al., (1989), trabalhando com genótipos de capim elefante, que também verificaram aumento na relação colmo/folha com o aumento da idade da planta. Leite et al., (2000) também observaram um aumento da relação colmo/folha com o aumento da idade de corte em capim elefante genótipo Cameroon. Bhering et al., (2008) avaliando a influência da época de corte de capim elefante genótipo Roxo, observaram aumento na relação colmo/folha em função do aumento do intervalo de corte, onde cada dia de aumento no intervalo de corte do capim elefante representou um aumento de 0,028% da relação colmo/folha. O mesmo autor afirma que a relação colmo/folha é influenciada por fatores genéticos e ambientais de cada material produzido. Esses resultados são importantes, uma vez que o manejo desejado para a produção de capim elefante com a finalidade energética visa maior relação colmo/folha, pois este é um parâmetro que pode indicar a qualidade do material produzido, pois é no compartimento do colmo que apresenta melhores características desejáveis para a produção de energia que nas folhas, que de maneira geral apresenta maiores teores de proteínas.

4.3.2 Teores de fibras (FDN) e cinzas

Com relação aos teores de fibras em detergentes neutros (FDN) e cinzas os resultados são apresentados na **Tabela 5**. Para a produção de energia através da biomassa de capim elefante, o componente mais importante é o colmo. Nesse compartimento observou-se diferença significativa entre os genótipos estudados, nas duas doses de nitrogênio aplicadas, o genótipo Paraíso apresentou percentuais superiores ao genótipo Roxo (**Tabela 5**). Logo, valores de fibras acima de 52% indicam a boa qualidade desses materiais para serem carvoejados (Quesada, 2005). Entretanto, não houve diferença significativa entre os genótipos estudados para os teores de fibras (FDN) nas folhas. Não houve resposta a adubação nitrogenada, tanto para colmo como para folhas, em ambos os genótipos estudados, não alterando o percentual de fibras. Magalhães et al., (2009) estudando o efeito de doses de nitrogênio e três genótipos de capim elefante, observaram teores médios de FDN em torno de 70%, não encontrando efeitos significativos da adubação nitrogenada para esse parâmetro avaliado. Esses valores, aliados com a produção de biomassa seca (em torno de 35 Mg ha⁻¹ em apenas seis meses de cultivo), vêm corroborar a capacidade que os materiais de capim elefante estudados tem para produção energética, na substituição do carvão mineral ou outras fontes tradicionais de energia (carvão vegetal, gás, lenha, etc.) (Quesada et al., 2004).

Nas cinzas, componentes indesejáveis num processo de queima de material para produção de energia, especialmente quando o carvão vegetal é empregado em siderurgia, não houve diferença significativa da produção de cinzas em função da dose de N aplicado em ambos os compartimentos (colmo e folha). Porém, na ausência da adubação nitrogenada, a produção de cinzas do genótipo Roxo foi significativamente maior que as cinzas produzidas pelo genótipo Paraíso. Essa maior produção de cinzas pelo genótipo Roxo em relação ao genótipo Paraíso pode ser explicada devido ao maior acúmulo de K nesses compartimentos (colmo e folha) em relação ao genótipo Paraíso (**Tabela 6**), pois a produção de cinzas está diretamente relacionada ao maior acúmulo de sais na biomassa produzida. Como o estudo foi realizado em um solo que apresentava boa fertilidade, com possivelmente boa disponibilidade de nutrientes, como o N e o K, obtido através do manejo empregado nesta área ao longo do tempo com o uso de rotação de culturas, sistema de plantio direto, introdução de leguminosas antes da cultura principal, tendo como finalidade a melhoria da fertilidade do solo, favoreceu para a melhor nutrição do capim elefante durante a condução do estudo, conseqüentemente maior acúmulo de sais e assim maior produção de cinzas.

Seye (2003) estudando o capim elefante para a produção de cerâmica fez uma comparação entre o teor de cinzas produzido entre o bagaço de cana, a palha da cana e o capim elefante, e encontrou 4,1% para o bagaço de cana, 7,1% para a palha de cana e de 11,5% para o capim elefante, atribuindo o maior teor de cinzas produzido devido às altas aplicações de adubação nitrogenada, variando de 50 a 400 kg ha⁻¹ de N por ano, praticadas na produção de material seco de capim elefante. Materiais com maior teores de cinzas na sua composição química têm o máximo desprendimento de voláteis a temperaturas mais elevadas. Isto se deve ao fato de que quando existe maior teor de matéria inorgânica, existe maior possibilidade de o material orgânico estar diluído com o material inorgânico, existindo então um retardamento da transferência de calor no interior das partículas e conseqüentemente a difusão dos voláteis para fora da partícula (Seye, 2003).

Rendeiro et al. (2008) estudando as características da biomassa para a gasificação afirmam que as cinzas e os resíduos da combustão de biomassa, são compostos de substâncias inorgânicas e metálicas, sendo que o teor de cinzas da biomassa varia de 0,1%, no caso da madeira, até 15% em alguns materiais agrícolas. As cinzas podem ocasionar diversos problemas em razão da sua possível fusão e acumulação. A fusão da cinza depende da sua composição. A fusão da cinza causa a formação da escória, que permite a formação de canais preferenciais de escoamento no reator e o bloqueio por entupimento das grelhas. Contudo, não

se observa formação de escória em combustíveis que possuem conteúdos de cinzas inferiores a 6%. É possível encontrar uma considerável formação de cinzas em conteúdos superiores a 12%. A avaliação da escória para o conteúdo de cinza de 6 a 12% dependerá da temperatura de fusão das cinzas.

A cinza produzida pela biomassa é um problema que pode inviabilizar o uso desse material para o uso como fonte alternativa de energia para a indústria num processo de gaseificação, devido aos problemas já citados causados por sua alta concentração. Mas o uso da biomassa para queima direta e/ou carvoejamento torna-se possível a reutilização das cinzas produzidas no campo, fechando assim o ciclo da produção de biomassa com a finalidade energética, uma vez que os nutrientes retirados do solo pela biomassa durante a sua produção são retornados através das cinzas produzidas após a combustão do material que por sua vez libera apenas o CO₂ que foi retirado da atmosfera através da fotossíntese. Através desse manejo da biomassa e dos resíduos produzidos durante o processo de produção de energia, é possível a manutenção da sustentabilidade do sistema de produção com fins energéticos.

Tabela 5. Teor de Fibras em detergente neutro (FDN) e Teor de cinzas na parte aérea de dois genótipos de capim elefante, crescidos com duas doses de N, no campus experimental da UFT, Gurupi-TO. Após 180 dias do plantio.

	FDN (%)				Cinzas (%)			
	Colmo		Folha		Colmo		Folha	
Dose de N (kg ha ⁻¹)	0	100	0	100	0	100	0	100
Paraíso	64,8 Aa	62,9 Aa	57,3 Aa	57,7 Aa	4,5 Ba	4,3 Aa	8,4 Ba	8,6 Aa
Roxo	53,3 Ba	51,4 Ba	58,6 Aa	57,0 Aa	9,4 Ab	7,6 Aa	10,0 Aa	9,1 Aa
Média	59,0	57,1	57,9	57,3	6,9	5,8	9,2	8,8
CV %	7,44	7,44	6,06	6,06	33,33	33,33	9,84	9,84

Na coluna letra maiúscula e na linha letra minúscula, os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p=0,05).

Quesada (2005) em estudo de seleção de genótipos de capim elefante em Argissolo, encontrou no genótipo Roxo teor de cinzas na folha de 8,1% e no colmo de 1,17%. Morais (2008) também em estudo com capim elefante encontrou teores de cinzas na folha entre 1,76 e 3,79% e no colmo entre 3,95 e 5%. Ambos estudos foram em solos de baixa fertilidade, sendo diferente do solo utilizado para esse trabalho em condições edafoclimáticas de Cerrado, onde havia boa fertilidade do solo, e como mencionado acima, boa disponibilidade de nutrientes favorecendo na melhor nutrição da planta de capim elefante, sendo observada pela maior produção em matéria seca (**Tabela 2**), quando comparados aos resultados encontrados por Quesada (2005) e Morais (2008) num mesmo período de avaliação.

Quando avaliado o efeito da fertilização nitrogenada e época de corte do capim elefante para alta produção e qualidade da biomassa produzida no colmo, não foi observado ajuste significativo para os teores de FDN, onde os valores médios absolutos foram de cerca de 68% (**Figura 11**). Mistura et al., (2007) observaram aumento linear dos teores de FDN em capim elefante em função da dose de N, com valores entre 75,39 e 77,49 para as doses de 100 e 400 kg ha⁻¹, respectivamente. De acordo com Mistura et al., (2007) esses altos valores ocorrem devido aos fatores favoráveis edafoclimáticos durante o período de avaliação do estudo e à maior disponibilidade de nutrientes minerais na solução do solo, proporcionando maior crescimento e desenvolvimento de perfilhos de capim elefante, corroborando com os altos valores percentuais de FDN encontrados no estudo realizado com fatores climáticos favoráveis durante o período de avaliação desse estudo (**Tabela 1**).

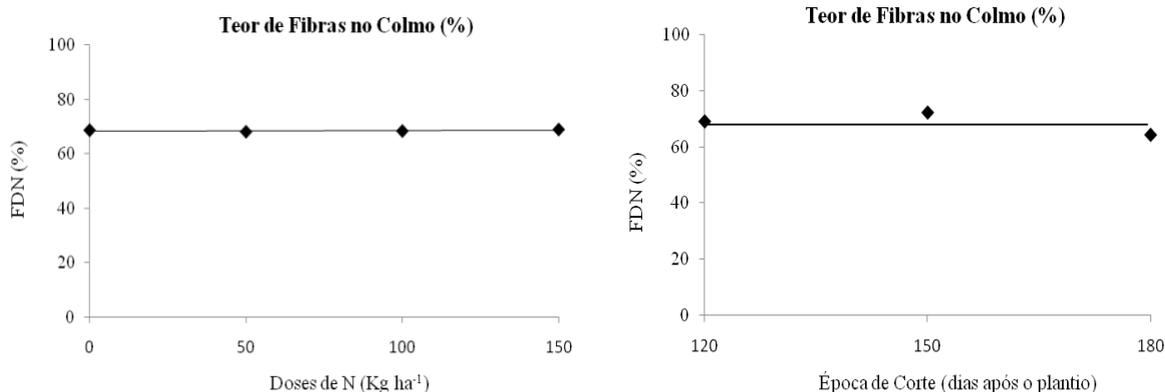


Figura 11. Teores de Fibras em detergente neutro (FDN) no colmo de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Em relação aos teores de fibras (FDN) nas folhas de capim elefante, não houve ajuste significativo para as doses de N avaliadas independente da época de corte, apresentando valores médios de 58% (**Figura 12**). Estudos de Mistura et al., (2007), Ribeiro et al., (1999) e Mistura (2001) apontaram incremento nos teores de FDN em lâminas de capim elefante em função da dose de nitrogênio aplicada. Outros autores, entretanto, não encontraram diferenças nos teores de FDN em função da adubação nitrogenada (Moir, 1974; Ribeiro et al., 1999). De forma semelhante Dererz (1994), estudando o manejo do capim elefante para produção de leite e carne, observou, aos 30 dias de idade valores de FDN de 66,30%. Esses valores aumentaram para 68,20% com a avaliação realizada aos 45 dias de idade, ou seja, houve um aumento no teor de FDN na planta de capim elefante com o envelhecimento das mesmas. A medida que a planta envelhece, a proporção dos componentes potencialmente digestíveis tende a diminuir e a de fibra, a aumentar (Martins-Costa et al., 2008). Isso pode ser observado no trabalho de Santana et al., (1989), com cultivares de capim elefante, quando observaram reduções nas percentagem de lâmina foliar e, conseqüentemente, aumento na percentagem de colmos com o envelhecimento das plantas.

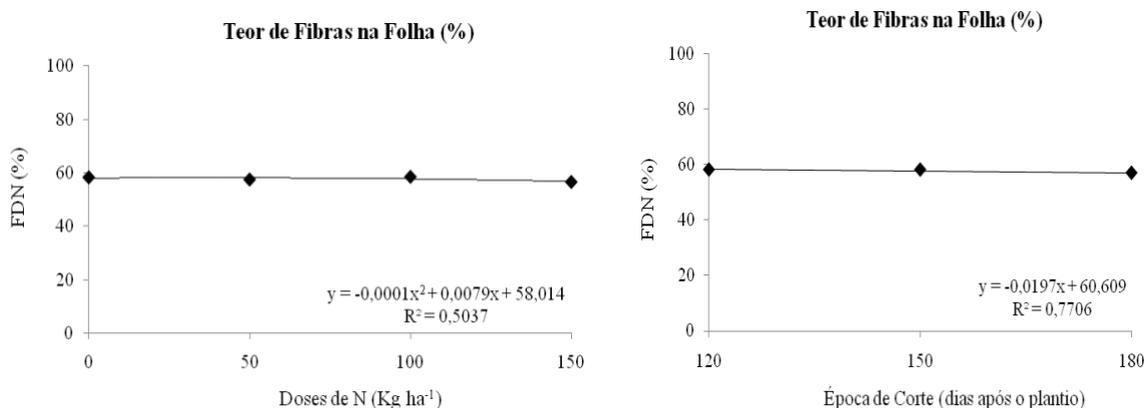


Figura 12. Teores de Fibras em detergente neutro (FDN) na folha de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de cortes, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Para os teores de cinzas avaliados, não houve resposta significativa para a adubação nitrogenada em ambos os compartimentos estudados, onde no colmo em média o percentual de cinzas foi de 5% (**Figura 13**) e na folha de 9,8% (**Figura 14**). Esses valores podem ser considerados altos quando comparados aos estudos realizados para avaliar os teores de cinzas no colmo em capim elefante por Morais (2008) e Quesada (2005), onde encontraram valores chegando até 3,58% e 1,9%, respectivamente. Já para os teores de cinzas nas folhas, trabalhos realizados por Quesada (2005) observaram teores nas folhas variando entre 4,1 e 11,6%. Já estudos realizados por Morais (2008) com seleção de genótipos de capim elefante para fins energéticos, encontraram teores de cinzas nas folhas variando entre 1,39 e 3,32%.

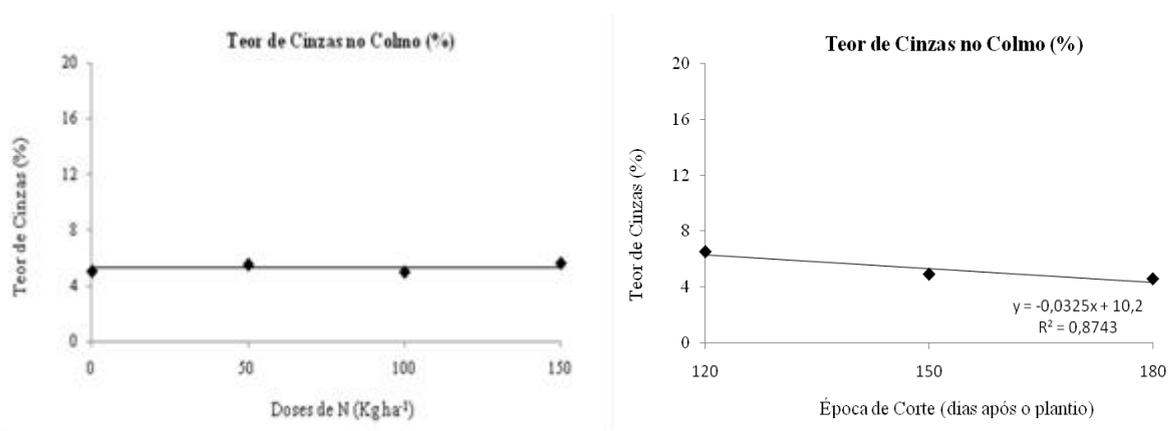


Figura 13. Teores de Cinzas no colmo de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Para a avaliação da melhor época de corte, um ajuste linear significativo foi observado para os teores de cinzas, tanto no colmo como nas folhas, ocorrendo uma tendência a redução dos teores de cinzas com o aumento do intervalo de corte do capim elefante. Os teores de cinzas no colmo reduziram de 6,5% para 4,5% com o aumento do intervalo de corte (**Figura 13**), e os teores nas folhas passaram de 10,5% para 8,6% com o aumento do intervalo de corte (**Figura 14**). Esses valores são esperados, uma vez que a medida que aumenta o intervalo de corte, aumenta o período de maturação do capim elefante, e conseqüentemente aumenta a produção de colmos que possui menor produção de cinzas em relação à folhas. Também é necessário mencionar que os valores encontrados por Morais (2008) e Quesada (2005), foram obtidos através do fracionamento das fibras em detergente ácido (FDA), proposto por Van Soest (1968), nessa metodologia não se leva à mufla todo o material e sim é feita através de um fracionamento do material para a determinação de fibras em detergente ácido (FDA) realizando uma separação das frações constituintes das forrageiras, por meio de reagentes específicos denominados reagentes, onde ocasiona a solubilização do conteúdo celular, podendo subestimar o percentual de cinzas realmente produzido, uma vez que solubiliza os sais que não são contabilizados para tal determinação final. Um material que possua um baixo teor de cinzas melhora o balanço térmico, reduz a oclusão e a perda de carbono no resíduo e, ainda, reduz os problemas operacionais devido à sintetização (Seye, 2003).

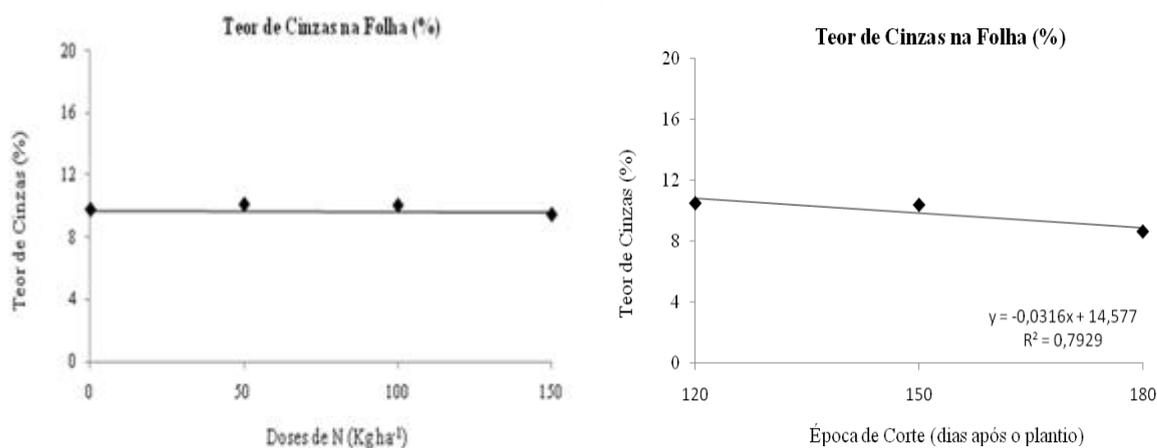


Figura 14. Teores de Cinzas na folha de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

4.3.3 Análises de fósforo e potássio no tecido vegetal

Os resultados dos teores de macronutrientes na parte aérea da planta de capim elefante são apresentados na **Tabela 6**. Para os dois nutrientes avaliados (K e P), não houve resposta significativa para a aplicação de doses de adubação nitrogenada em relação ao acúmulo desses nutrientes no tecido de capim elefante. Quando avaliamos o teor de K no colmo na ausência da adubação nitrogenada, o genótipo Roxo obteve maior acúmulo em relação ao genótipo Paraíso, indicando uma característica genética do material usado para o estudo. Esse maior acúmulo observado no colmo do genótipo Roxo influenciou diretamente na produção de cinzas de capim elefante no colmo do genótipo Roxo (**Tabela 5**). Quando avaliados os teores acumulados de P no tecido do capim elefante, não houve diferença entre os genótipos.

Tabela 6. Teor de K e P na parte aérea de dois genótipos de capim elefante, crescidos com 2 doses de N, no campus experimental da UFT, Gurupi-TO. Após 180 dias do plantio.

	Teor de K (%)				Teor de P (%)			
	Colmo		Folha		Colmo		Folha	
Dose de N (kg ha ⁻¹)	0	100	0	100	0	100	0	100
Paraíso	1,79 Ba	1,77 Aa	1,70 Aa	1,64 Aa	0,12 Aa	0,12 Aa	0,18 Aa	0,27 Aa
Roxo	3,97 Aa	3,35 Aa	1,77 Aa	1,70 Aa	0,13 Aa	0,14 Aa	0,26 Aa	0,19 Aa
Média	2,88	2,56	1,73	1,67	0,12	0,13	0,22	0,23
CV %	33,94	33,94	15,48	15,48	17,33	17,33	28,75	28,75

Na coluna letra maiúscula e na linha letra minúscula, os valores médios seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey (p=0,05).

Altas concentrações de sais não são desejadas, uma vez que, é um dos responsáveis pelo aumento dos teores de cinzas após o seu carvoejamento. Se os genótipos conseguirem elevadas produtividades no campo sem a utilização de N-fertilizante, quer seja pela FBN, quer seja pela adaptação a solos pobres e a sua alta capacidade produtiva, essas produções serão acompanhadas de baixas concentrações de nutrientes, o que é de suma importância no processo de carvoejamento de capim elefante, e altamente desejada pela indústria.

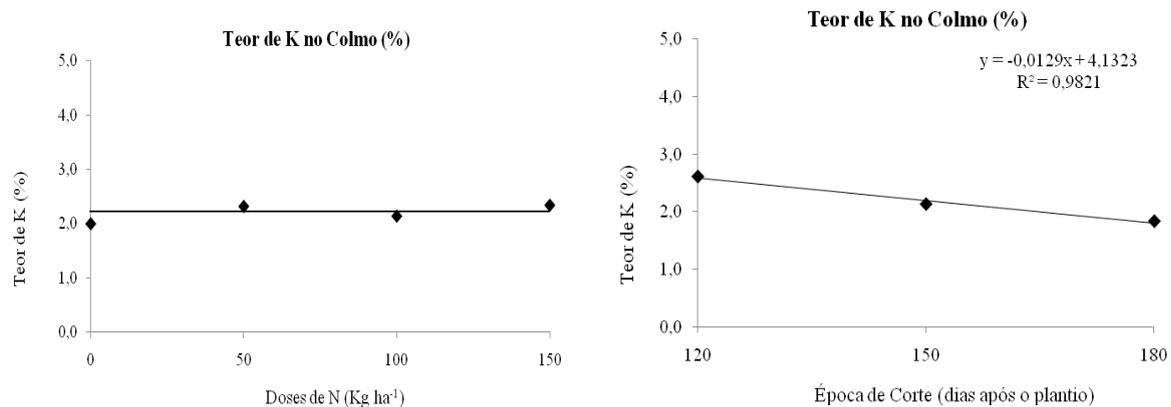


Figura 15. Teores de Potássio (K) no colmo de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

No estudo para avaliar o efeito da fertilização nitrogenada nos teores de K na parte aérea da planta, um ajuste significativo não foi observado para colmo e folha, onde a média do acúmulo desse macronutriente pela planta nesses compartimentos foi cerca de 2,1% (**Figura 15 e Figura 16**). Os valores encontrados são altos quando comparados aos encontrados por Quesada (2005) onde estudando diferentes genótipos de capim elefante encontrou teores de potássio na planta inteira variando entre 0,54 e 1,12%. Vale ressaltar que os teores de potássio em função da dose nitrogenada foram obtidos a partir de uma média dos três cortes de capim elefante para cada dose aplicada.

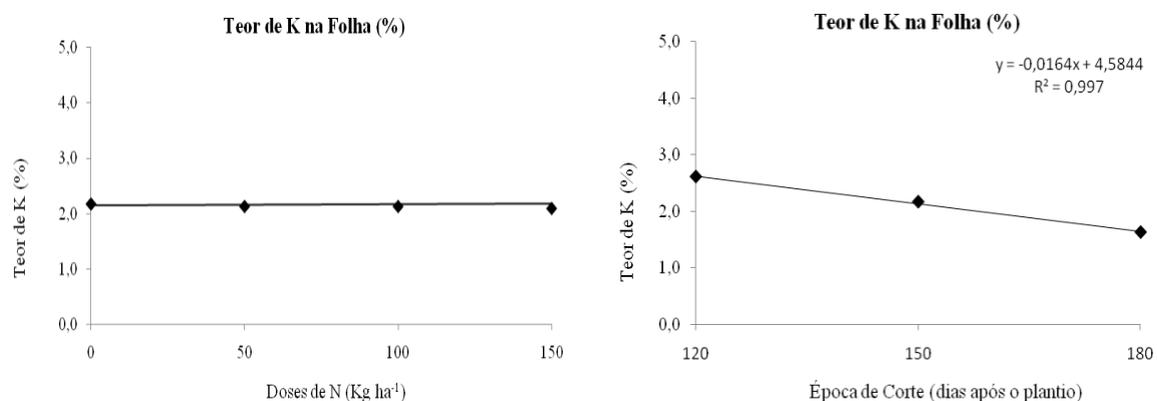


Figura 16. Teores de Potássio (K) na folha de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Quando avaliada a influência da época de corte do capim elefante no acúmulo de potássio, um ajuste linear significativo foi observado nos dois compartimentos colmo e folha, onde à medida que aumentou o intervalo de corte ocorreu decréscimo nos teores de K extraído pela planta (**Figura 16**). Esse resultado é bastante satisfatório, uma vez que, altos teores de K no material colhido não são desejados para uso como carvão na indústria siderúrgica. Logo, a melhor adequação da época de corte do capim elefante aliado à alta produtividade se torna desejável para o uso do capim elefante como fonte energética, pois não basta ter apenas alta

produção de capim elefante, mas sim, um material que tenha alta capacidade de produção com características desejáveis para o uso como fonte alternativa de energia.

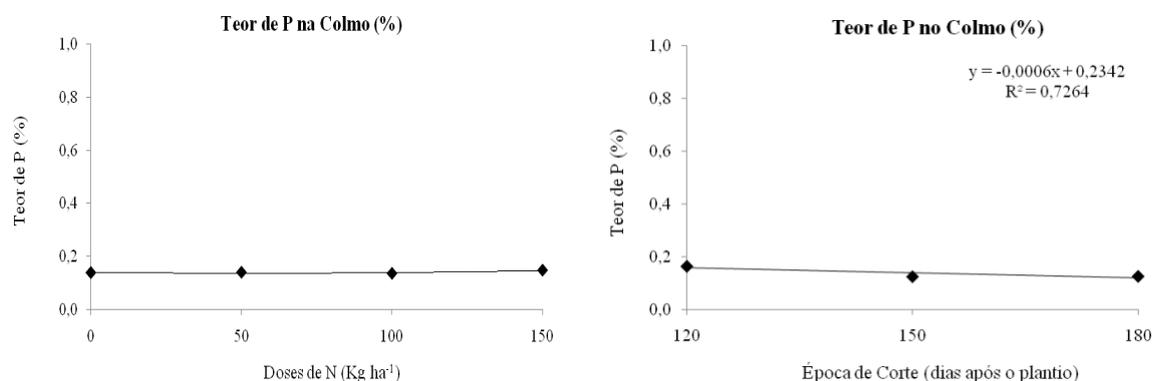


Figura 17. Teores de Fósforo (P) no colmo de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Acunha e Coelho (1997), estudando intervalo de corte em capim elefante anão, verificaram que a concentração de K foi afetada negativamente pela extensão da idade de corte. Decréscimos no teor de K, causados pelo avanço da maturação da planta, foram relatados também por Gonzalez (1985). Tendo em vista que a produção de matéria seca esteve correlacionada positivamente à idade da planta, os decréscimos verificados no teor de K, podem ser atribuídos ao processo natural de diluição. Outro fator que pode ter contribuído para esse decréscimo foi a diminuição na eficiência de absorção, que ocorre com o envelhecimento da planta e com a contínua remoção da forragem cortada (Acunha e Coelho, 1997).

Para os teores de fósforo acumulados pela planta de capim elefante, os resultados obtidos acompanharam o que aconteceu nos teores de potássio (**Figura 15** e **Figura 16**), onde não foi observado um ajuste significativo em função das doses aplicadas de nitrogênio nos dois compartimentos avaliados da planta (colmo e folha). Os teores médios de acúmulo de fósforo pela planta de capim elefante foram cerca de 0,14% no colmo (**Figura 17**), e cerca de 0,26% na folha (**Figura 18**). Valores que podem ser considerados baixos quando comparados aos encontrados por Quesada (2005) que observou teores de fósforo médios para os dois compartimentos (colmo e folha), variando entre 0,31 e 0,44% em estudo com plantas de capim elefante com 7 meses de idade.

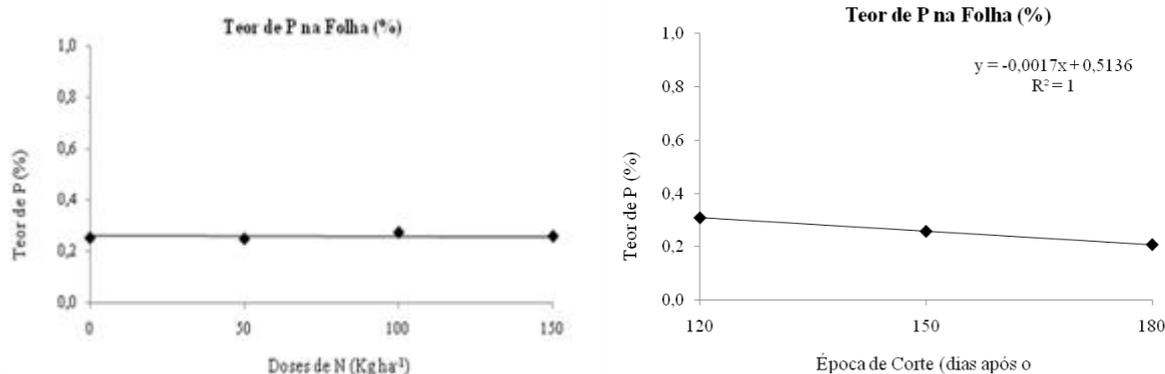


Figura 18. Teores de Fósforo (P) na folha de Capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, como efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante e três épocas de corte, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

De uma maneira geral, não houve resposta a adubação nitrogenada para os macronutrientes avaliados, e um decréscimo no acúmulo de nutrientes na parte aérea à medida que aumenta o intervalo de corte do capim elefante. Vale salientar que os teores de nutrientes encontrados estão abaixo dos valores aos estudos para nutrição animal, e também abaixo dos exigidos pela indústria de siderurgia para obtenção de carvão vegetal a partir de capim elefante (Quesada, 2005).

Um ajuste significativo linear foi observado em função da época de corte do capim elefante nos dois compartimentos avaliados (colmo e folha), acompanhando os resultados obtidos dos teores de potássio na parte aérea da planta de capim elefante, ocorreu um decréscimo do acúmulo de fósforo no tecido foliar da planta de capim elefante à medida que aumenta o intervalo de corte. Acunha e Coelho (1997) estudando o intervalo de corte de capim elefante anão cv. Mott., observaram que a concentração de P diminuiu com o avanço da idade da gramínea. Estes dados confirmam trabalhos mostrando correlação negativa entre presença de P e idade da forrageira, como os de Nascimento Júnior et al. (1976), Gonzalez (1985), Malavolta et al. (1986). A tendência obtida neste estudo pode ser atribuída tanto ao processo natural de diluição na planta, uma vez que produção de matéria seca foi diretamente proporcional ao crescimento, como à diminuição da eficiência de assimilação por motivo do envelhecimento da planta Acunha e Coelho (1997).

4.3.4 Poder calorífico superior (PCS) em capim elefante.

O rendimento energético de um processo de combustão de um material depende de sua constituição química, onde os teores de celulose, hemicelulose, lignina, fibras, extrativos e substâncias minerais variam com a espécie e é de grande importância para a escolha de um material a ser utilizado (Quirino et al., 2005). Rodrigues (2009) afirma que o poder calorífico da biomassa é influenciado por sua composição química, onde estudos demonstraram forte relação entre os teores de carbono fixo, de materiais voláteis e de cinzas e o PCS da carbonização de biomassa tropicais, sendo positivo entre o teor de carbono fixo e PCS e negativo entre materiais voláteis e cinzas com PCS. Rodrigues (2009) citando Doat (1997), afirma que, em trabalhos realizados por este autor com madeira de espécies dos trópicos e de regiões temperadas, não foram observadas correlações entre o poder calorífico e a densidade da madeira, no entanto o volume de madeira tem forte relação com o seu poder calorífico.

Quando avaliamos o PCS da planta de capim elefante, não houve ajuste significativo em função das concentrações de nitrogênio na parte aérea, tanto no colmo como na folha, sendo que em média na planta inteira foi de 4.104 kcal/kg (**Figura 19**). Esse resultado mostra que a concentração do nitrogênio na parte aérea da planta de capim elefante, não influencia no

potencial de poder calorífico superior. Logo, esse valor encontrado para o poder calorífico superior da planta de capim elefante, é bastante satisfatório, uma vez que analisando também amostras de eucalipto esse valor foi em média 4.460 kcal/kg. Em estudos realizados por Brito et al., 1983, analisando a produção energética em 9 espécies de eucalipto encontraram um poder calorífico superior variando entre 4.700 e 5.000 kcal/kg. Quirino et al., 2005, estudando o poder calorífico da madeira de 132 espécies florestais encontrou valores variando entre 3.350 e 5.260 kcal/kg, onde a média geral do poder calorífico produzido por essas espécies florestais foi de 4.732 kcal/kg. Todos estes estudos evidenciam a capacidade que a biomassa de capim elefante produzida tem de alto potencial para o uso com finalidade energética, onde o poder calorífico gerado pelo material foi semelhante ao encontrado para o eucalipto, que é a principal cultura utilizada como fonte de energia primária no Brasil. Assim, o uso do capim elefante como fonte alternativa de energia aponta como uma das principais culturas para a solução do fornecimento de energia presente e futuro para a nossa sociedade.

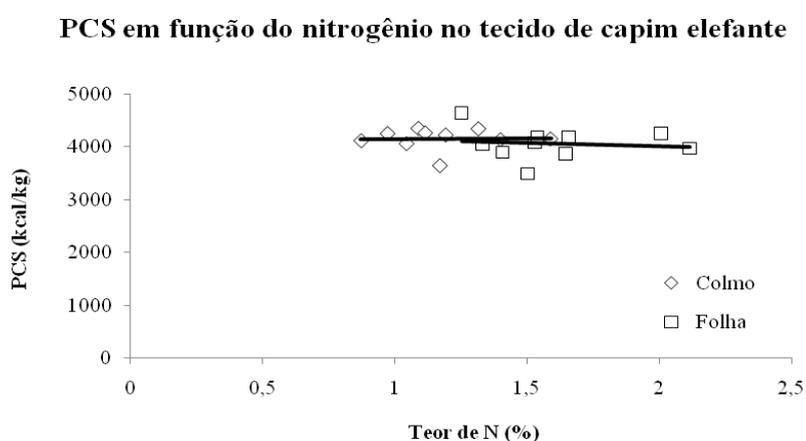


Figura 19. Poder Calorífico Superior (PCS) em função das concentrações de nitrogênio no colmo e na folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, em região de Cerrado.

5 CONCLUSÕES

Nas condições experimentais do estudo em ambiente de Cerrado pode-se afirmar que:

Os dois genótipos estudados, Paraíso e Roxo, obtiveram altos rendimentos de biomassa seca, acima de 30 Mg de MS ha⁻¹ durante o período chuvoso, podendo ser indicados para produção em escala comercial, com fins energéticos.

O capim elefante crescido em região de Cerrado, nas condições de manejo e com os materiais genéticos estudados, se beneficiou em menos de 10% do nitrogênio acumulado na planta derivado da fixação biológica de nitrogênio, provavelmente devido à boa fertilidade existente no solo, durante a condução do estudo.

O corte realizado aos 180 dias foi o mais indicado para alta produção de capim elefante, uma vez que proporcionou maior acúmulo de biomassa, aproveitando as melhores condições edafoclimáticas da região de Cerrado.

O uso do N-fertilizante não influenciou na qualidade da biomassa produzida.

A relação carbono/nitrogênio (C/N) foi em média de 40, esta relação C/N foi baixa devido ao alto teor de nitrogênio presente no solo e, conseqüentemente, maior acúmulo de N pela planta. A relação colmo/folha (C/F) foi em média de 4,5, indicando boa qualidade do material produzido para fins energéticos.

Os teores de FDN foram altos, acima de 50% em todos os parâmetros avaliados, apresentando características desejáveis para o uso com finalidade energética.

Os teores de cinzas apresentados foram altos, acima de 4% em todos os parâmetros avaliados, sendo esta uma característica indesejável para o uso com finalidade energética, podendo tornar inviável o uso com fins energéticos, dependendo da tecnologia empregada para a geração de energia.

O poder calorífico produzido pelo capim elefante foi de 4.100 kcal kg⁻¹, não sendo alterado pela concentração de nitrogênio na biomassa produzida.

A área e o solo de Cerrado estudado apresentaram boas características para a alta produção de biomassa de capim elefante com fins energéticos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de material energético alternativo renovável através da biomassa vegetal representa hoje um desafio para a pesquisa para ajudar na mitigação da emissão de gases de efeito estufa derivados de fontes energéticas de origem fóssil, que além de finitas são altamente poluentes. Acredita-se que o uso da biomassa com fins energéticos será a fonte mais segura para toda a sociedade, uma vez que esta basicamente recicla o CO₂ que foi retirado da atmosfera pela fotossíntese.

O capim elefante se apresenta como material altamente promissor. Os estudos realizados por Quesada (2001), Quesada (2005), Morais (2008) e Morais et al. (2009), associados aos resultados obtidos no presente estudo, indicam que esta espécie possui alto potencial produtivo em solos de baixa fertilidade natural, mantendo alto nível de produção de biomassa e com boas características para o uso com fins energéticos.

As mensurações realizadas neste estudo ampliaram o conhecimento sobre o sistema de produção do capim elefante para fins energéticos, expandindo para o ambiente de Cerrado. A região de Cerrado tem boas características para a alta produção de biomassa de capim elefante, aliada ao potencial de produção de material de boa qualidade para uso energético. No entanto, os desafios nos dias atuais são ampliar os estudos, com a cultura do capim elefante, no que diz respeito aos aspectos energéticos e ambientais, para que, posteriormente, a biomassa produzida pela cultura possa ser utilizada de modo sustentável nas diferentes formas de geração de energia, tais como: a queima direta, a produção de carvão vegetal, ou a gaseificação da biomassa vegetal.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUNHA, J. B. V.; COELHO, R. W. Efeito da altura e do intervalo de corte do capim elefante anão. II Composição mineral da forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.32, n.3, p.339-344, 1997.

ADLER, P. R.; SANDERSON, M. A.; BOATENG, A. A.; WEIMER, P. J.; JUNG, H. G. Biomass yield and biofuel quality of switch grass harvested in fall or spring. **Agronomy Journal**, v. 98, p. 1518–1525, 2006.

ALVES, B. J. R.; SANTOS, J. C. F.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. (Ed.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, (Embrapa-CNPAP. Documentos, 46) 1994. p. 409-449.

ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. The success of BNF in soybean in Brazil. **Plant and Soil**, v.252, p.1–9, 2003.

ALVES JUNIOR, F. T.; GUIMARAES, J. L. S.; SANTOS, G. A.; LEITE, A. M. F.; BARROS, G. D. T. Utilização de biomassa para briquetagem como fonte de energia alternativa e a disponibilidade deste recurso na região do Cariri-CE. In: XXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2003. 8p.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L. T.; CECON, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, Edição especial, p. 1643-1651, 2003.

ANDRADE, A. C. Produtividade e valor nutritivo do capim elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1589-1595, 2000.

ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B.; CAMPOS, P. R. S. S. Melhoramento genético de plantas forrageiras tropicais no Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 57(R), p. 61-76, 2008.

BAJAY, S. V.; FERREIRA, A. L. A energia da biomassa no Brasil. In: ROSILLO-CALLE; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. (Eds.). **Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira**. 2005. p.69-120.

BALASUBRAMANIAN, V.; ALVES, B. J. R.; AULAKH, M.; BEKUNDA, M.; CAI, Z.; DRINKWATER, L.; MUGENDI, D.; KESSEL, C. V.; OENEMA, O. Crop, environmental and management factors affecting fertilizer nitrogen use efficiency. In: MOSIER, A.; SYERS, J. K.; FRENEY, J. R. (Eds.). **Agriculture and the nitrogen cycle: assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment**. Washington DC: Island Press, 2004. p.19-33. (SCOPE report, 65).

BHERING, M.; CABRAL, L. da S.; ABREU, J. G. da; SOUZA, A. L. de; ZERVOUDAKIS, J. T.; RODRIGUES, R. S.; PEREIRA, G. A. C.; REVERDITO, R.; OLIVEIRA, I. S. de Características agrônomicas do capim elefante Roxo em diferentes idades de corte na

Depressão Cuiabana. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.9, n.3, p.384-396, 2008.

BLUMENTHAL, J. M.; BALTENSPERGER, D. D.; CASSMAN, K. G.; MASON, S. C.; PAVLISTA, A. D. Importance and effect of nitrogen on crop quality and health. In: FOLLETT, R. F.; HATFIELD, J. L. (Eds). **Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management**. Elsevier Science, 2001. p.45-63.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G.; SEIXAS, F. Análise da produção energética e de carvão vegetal de espécies de eucalipto. **IPEF**, n.23, p.53-56, 1983.

BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada a plantas utilizando o isótopo ^{15}N . In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. (Eds.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, (Embrapa-CNPAF. Documentos, 46) 1994. p. 471-494.

BODDEY R. M. Methods for quantification of nitrogen fixation associated with gramineae. *CRC Crit. Rev. Plant Science*, n. 6, p. 209-266, 1987.

BODDEY, R. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE, A. S. de; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Use of the ^{15}N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N_2 fixation to grasses and cereal. *Aust. J. Pl. Phys.*, Victoria, v. 28, n. 9, p. 889-895, 2001.

BODDEY, R. M.; SÁ, J. C. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. The contribution of biological nitrogen fixation for sustainable agricultural systems in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, v.29, p.787-799, 1997.

BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; MACEDO, M. O.; OLIVEIRA, O. C. de; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Potential of carbon sequestration in soils of the Atlantic Forest region of Brazil. In: LAL, R; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J.; CERRI, E. (Eds). *Carbon Sequestration in Soils of Latin America*. 2006. p.305-347.

BODDEY, R. M.; XAVIER, D.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Brazilian agriculture: The transition to sustainability. *Journal of Crop Production*, v.9, p.593-621, 2003.

BRASIL, **Balanco Energético Nacional, Ministério das Minas e Energia**, 2006. Disponível em: http://ben.epe.gov.br/downloads/BEN2006_Versao_Completa.pdf. Acesso em 28/11/2008.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS A. T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Ciência Rural**, v.34, p.1977-1985, 2004.

CASTRO, O. M. de; PRADO, H.; SEVERO, A. C. R.; CARDOSO, E. J. B. N. Avaliação da atividade de microorganismos do solo em diferentes sistemas de manejo da soja. **Scientia Agrícola**. v.50, n.2, p.212-219, 1993.

CHANDEL, A. K.; RUDRAVARAM, R.; NARASU, M. L.; RAO, L. V.; RAVINDRA, P. Economics and environmental impact of bioethanol production technologies: an appraisal. **Biotechnology and Molecular Biology Review**, v. 2, n.1, p. 14-32, 2007.

CLEVELAND, C. J. The direct and indirect use of fossil fuels and electricity in USA agriculture 1910-1990. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.55, p.111-121, 1995.

COCKING, E. C. Endophytic colonization of plant roots by nitrogen-fixing bacteria. **Plant and Soil**, v.252, p.169-175, 2003.

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R. G. de A. Curva de crescimento e composição química de *Paspalum atratum* Bra-009610 em Rondônia. In: ZOOTEC, 2004, Brasília. **Anais...** Brasília: ABZ/AZOO, 2004. p 1-4. 1 CD ROM.

CRUZ, J. C.; MONTEIRO, J. A.; SANTANA, D. P.; GARCIA, J. C.; BAHIA, F. G. T.; SANS, L. M. A.; PEREIRA FILHO, I. A. Manejo da fertilidade do solo. In: CRUZ, J. C.; MONTEIRO, J. C.; MONTEIRO, J. A.; SANTANA, D. P.; GARCIA, J. C.; CASTRO FILHO, F. G. F. T.; SANS, L. M. A.; PERIRA FILHO, I. A. (Eds.). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília, Embrapa SPI, 1993. p.45-83.

DERESZ, F. Manejo de pastagem de capim-elefante para a produção de leite e carne. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM ELEFANTE, 2, 1994, Juiz de Fora. **Anais...** Coronel Pacheco: EMBRAPACNPGL, 1994. p.116-137.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documento 1).

FERRI, M. G. **Vegetação Brasileira**. USP, Ed. Itatiaia, Belo Horizonte: USP, 1980. 157p.

FOLSTER, H.; KHANNA, P. K. Dynamics of nutrient supply in plantation soils. In: SADANADAN NAMBIAR, E. K.; BROWN, A. G. Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests. **ACIAR Monograph**. 1997. n. 43, 571p.

GALLO, J. R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O. C.; FURLAN, P. R.; FURLAN, A. M. C.; MATTOS, H. B.; SARTINI, H. J. FONSECA, M. P. Composição química inorgânica de forrageiras do estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.31, p. 115-137, 1974.

GONÇALEZ, D. A. Capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Roxo de Botucatu. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, SP, v.42, n.1, p.141-142, 1985.

GRASSI, G.; PALZ, W. O futuro da biomassa na União Européia. **Álcool. & Açúcar**, n.76, p.28-34, 1994.

GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia perspectiva para países em desenvolvimento**. Tese de Mestrado, USP, 2006, 123p.

HENRIQUES, L. T.; SILVA, J. F. C. da; DETMANN, E.; VÁSQUEZ, H. M.; PEREIRA, O. G. Frações dos compostos nitrogenados de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada. **Arq. Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.3, p.740-748, 2007.

IEA, International Energy Agency, **World Energy Outlook**, 2006. Disponível em www.worldenergyoutlook.org/summaries2006/Portuguese.pdf. Acesso em abril de 2007.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change **Working Group II**, chapter 19, 3rd. Session, Montreal, 16-20 de Outubro, WMO, UNEP, Draft. 1995. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>. Acesso em 12 de fevereiro de 2006.

JACQUES, A. V. A. Caracteres morfofisiológicos e suas implicações no manejo. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. (Eds.). **Capim elefante – Produção e Utilização**. Embrapa, Brasília, Brasília, 1997. p.31-46.

JOHANSSON, T. B.; KELLY, H.; REDDY, A. K. N.; WILLIAMS, R. H. (Eds.) Renewable Energy - **Sources for Fuels and Electricity**, Island Press, Washington DC. v.28, p.1-12. 1993.

JUNK G.; SVEC H. J. The absolute abundance of the nitrogen isotopes in the atmosphere and compressed gas from various sources. **Geochim. Cosmochim. Acta**, v.14, p. 234-243, 1958.

KIRCHHOF, G.; ECKERT, B.; STOFFELS, M.; BALDANI, J. I.; REIS, V. M.; HARTMANN, A. *Herbaspirillum frisingensis* sp. nov., a new nitrogen-fixing bacterial species that occurs in C₄ fibre plants. **Inter. J. of System. and Evaluation. Microb.**, 51000-000, 2001.

LÆGREID, M.; BØCKMAN, O. C.; KAARSTAD, O. **Agriculture, fertilizers and the environment**. (Wallingford: CABI), 1999.

LEITE, R. M. B.; QUEIROZ FILHO, J. L. de; SILVA, D. S. Produção e valor nutritivo do capim elefante cultivar Cameroon em diferentes idades. **Agropecuária Técnica**, v.21, n.1/2, 2000.

LIMA, E. S.; SILVA, J. F. C. da; VÁSQUEZ, H. M.; ARAÚJO, S. A. do C.; LISTA, F. N.; CARNEIRO, R. F. V.; ROCHA, T. C.; RUIVO, S. C.; DEMINICIS, B. B.; COSTA, D. P. B. da Composição e digestibilidade “in vitro” de genótipos de capim elefante, aos 56 dias de rebrota. **PUBVET**, v.2, n.13, p. 1-15, 2008.

LOBATO, E.; CORNELIUS E.; SANZO NOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: MATTOS, H. B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Eds.). **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.145-174.

LONGO R. M.; ESPÍNDOLA C. R. C-orgânico, N-total e substâncias húmicas sob influência da introdução de pastagens (*Brachiaria* sp) em áreas de cerrado e floresta amazônica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p.723-729, 2000.

LOPES, E. S. Fixação biológica do nitrogênio no sistema solo-planta. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Eds.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. IPNI, Piracicaba, São Paulo, 2007. p. 43-67.

MACEDO, I. C.; KOLLER, H. W. Balanço de energia na produção de cana-de-açúcar e álcool nas usinas cooperadas em 1996. **International Report, Centro Tecnológico da Copersucar**, Piracicaba, 23p. 1997.

MAGALHÃES, J. A.; LOPES, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. L.; BARROS, N. N.; MATTEI, D. A. Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre o rendimento forrageiro do capim elefante, **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n.1, p.91-96, 2006.

MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; CARNEIRO, M. S. de S.; ANDRADE, A. C.; COSTA, N. L.; PINTO, M. do S. de C.; FILHO, W. de J. E. M. Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre os teores de proteína bruta e fibra em detergente neutro de três cultivares de capim elefante, **REDVET – Revista Eletrônica de Veterinária**, v.10, n. 4, Abril/2009.

MALAVOLTA, E.; LIEM T. H.; PRIMAVESI A. C. P. A. Exigências nutricionais das plantas forrageiras. **In: Simpósio sobre calagem e adubação de pastagens**. Nova Odessa. Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba: Potafos, Piracicaba, 1986. p.31-76.

MARTELLO, V. P.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; LEITE, V. B. de O.; NARCISIO SOBRINHO, J. Doses de nitrogênio para maximização da produção de capim elefante cv. Guaçu no período das secas. **Boletim de Indústria Animal**. v.57, n.2, p.151-161, 2000.

MARTHA JUNIOR, G. B. **Produção de forragem e transformações do nitrogênio e do fertilizante em pastagens de capim Tanzânia**. Tese de Doutorado, ESALQ, 2003, 149p.

MARTINS-COSTA, R. H. A.; CABRAL, L. da SILVA.; BHERING, M.; ABREU, J. G. de; ZERVOUDAKIS, J. T.; RODRIGUES, R. C.; OLIVEIRA, I. S. de Valor nutritivo do capim elefante obtido em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p. 397-406, 2008.

MATSUO, K.; CHUENPREECHA, T.; MATSUMOTO N.; PONRAGDEE, W. Ecophysiological characteristics of *Erianthus* spp. and yielding abilities of three forages under conditions of cattle feces application. **In: JIRCAS Working Report**. 2002. p. 187–194.

MCLAUGHLIN, S. B.; WALSH, M. E. Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy. **Biomass and Bioenergy**, v.14, p.317-324, 1998.

MISTURA, C. **Doses crescente de nitrogênio e fósforo na produção e qualidade do capim-elefante-anão (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Mott**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas, 2001, 88p.

MISTURA, C.; FAGUNDES, J. F.; FONSECA, D. M. da; MOREIRA, L. de M.; VITOR, C. M. T.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Disponibilidade e qualidade do capim elefante com e sem irrigação adubado com nitrogênio e potássio na estação seca, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n.2, p.372-379, 2006.

MISTURA, C.; FONSECA, D. M. da; MOREIRA, L. de M.; FAGUNDES, J. F.; MORAIS, R. V.; QUEIROZ, A. C. de; RIBEIRO JÚNIOR, J. I. Efeito da adubação nitrogenada e irrigação sobre a composição químico-bromatológica das lâminas foliares e da planta inteira de capim elefante sob pastejo, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1707-1714, 2007.

MOIR, K.W. The constancy of the digested cell wall in grasses. **Journal of Agricultural Science** , v.83, n.2, p.259-258, 1974.

MONTEIRO, F. A. Adubação para estabelecimento e manutenção de capim elefante. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. de A. (Eds.). **Capim Elefante, produção e utilização**. Coronel Pacheco, Embrapa CNPGL, 1994. p.49-79.

MONTI, A.; FAZIO, S.; LYCHNARAS, V.; SOLDATOS, P.; VENTURI, G. A full economic analysis of switchgrass under different scenarios in Italy estimated by BEE model. **Biomass and Bioenergy**, Rotterdam, v. 31, p.177-185. 2007.

MORAIS, R. F. **Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio de cinco genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), para uso como fonte alternativa de energia.** Tese de Mestrado, UFRRJ, 2008, 87p.

MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J. de; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. de B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Parâmetros qualitativos de cinco genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para uso como fonte alternativa de energia. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007, Gramado, **Anais...** Gramado, 2007.

MOREIRA, L. M.; FONSECA, D. M. da; MARTUSCELLO, J. A.; NÓBREGA, E. B. da Absorção e níveis críticos de fósforo na parte aérea para manutenção da produtividade de capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier), **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.30, p. 1170-1176, 2006.

MUSTAFA, A.; AKSOY, A.S. The cultivation and energy balance of *Miscanthus giganteus* production in Turkey, **Biomass and Bioenergy**, Rotterdam, v. 29, p.42-48, 2007.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, J. F. C.; PINHEIRO, J. S. Teores de alguns minerais no capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa* Nees Stapf.) em várias idades de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.5, n.1, p.48-55, 1976.

OSAVA, M. **Capim elefante, novo campeão em biomassa no Brasil.** 2007. Disponível em: <http://www.mwglobal.org/ipsbrasil.net/nota.php?idnews=3292> . Acesso em: 28/11/2008.

PEGORARO, R. F.; MISTURA, C.; WENDLING, B.; FONSECA, D. M. da; FAGUNDES, J. L. Manejo da água e do nitrogênio em cultivo de capim elefante. **Ciência Agrotécnica**. v.33, n.2, p.461-467, 2009.

PEOPLES, M. B.; BOYER, E. W.; GOULDING, K. W. T.; HEFFER, P.; OCHWOH, V. A.; VANLAUWE, B.; WOOD, S.; YAGI, K.; VAN CLEEMPUT, O. Pathways of nitrogen loss and their impacts on human health and the environment. In: MOSIER, A.; SYERS, J. K.; FRENEY, J. R. (Eds.). **Agriculture and the nitrogen cycle: assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment.** Washington DC: Island Press, 2004. p.53-69. (SCOPE report, 65).

PEOPLES M. B.; FAIZAH, A.W.; RERKASEM, B.; HERRIDGE, D. F. **Methods for evaluating nitrogen fixation by nodulated legumes in the field.** ACIAR, Monograph, n. 11, Canberra, 1989. 76p.

PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. de P.; PASSOS, L. P.; FREITAS, V. de P.; VERNEQUE, R. da S.; BARRA, R. B.; SILVA, C. R. P. Variação da qualidade de folhas em cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e híbridos de capim elefante x milheto (*P. purpureum* x *P. glaucum*), em função da idade da planta. **Ciência Agrotécnica**, v.24, n.2, p.490-499, 2000.

PIMENTEL, D.; PATZEK, T. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. **Natural Resources Research**, v. 14, n. 1, 2005.

PIMENTEL, D. **Handbook of energy utilization in agriculture**: CRC Press, Boca Raton, FL, 1980. 475 p.

PIMENTEL, D.; DOUGHTY, R.; CAROTHERS, C.; LAMBERSON, S.; BORA, N.; LEE, K. Energy inputs in crop production: comparison of developed and developing countries, In: LAL, R.; HANSEN, D.; UPHOFF, N.; SLACK, S. (Eds.). **Food Security and Environmental Quality in the Developing World**. CRC Press, Boca Raton, FL, 2002. p. 129–151.

POMPEI, F. Nutrição de Plantas – Cana-de-açúcar: mais mudanças de paradigmas. **Campo Negócios**. 2007. Disponível em: www.euroforte.com.br/upload/artigos/cana_1parte.pdf, acesso em: 4 de Dezembro de 2009.

QUEIROZ FILHO, J. L. de; SILVA, D. V. da; NASCIMENTO, I. S. Produção de matéria seca e qualidade do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.69-74, 2000.

QUESADA, D.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Potencial de genótipos de *Pennisetum purpureum* para a alta produção de biomassa e eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN). **Comunicado Técnico Embrapa Agrobiologia**, n.51, p.1-9, 2001.

QUESADA, D. M. **Parâmetros quantitativos e qualitativos da biomassa de diferentes genótipos capim elefante para produção de agroenergéticos**. Tese de Doutorado, UFRRJ, 2005, 65p.

QUESADA D. M., **Seleção de genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para a alta produção de biomassa e eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN)**. Dissertação de Mestrado, UFRRJ, 2001. 86p.

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T. do; ANDRADE, A. P. A. de; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. dos S. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. **Revista da Madeira**. n. 89, p. 100-106, 2005.

REIS, V. M. BALDANI, J.I., BALDANI, V.L.D., DÖBEREINER, J Biological nitrogen fixation associated with tropical pasture grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, p.837-844, 2001.

RENDEIRO, G.; NOGUEIRA, M. F. M.; ZÁRATE, H. Centrais térmicas por gasificação. In: RENDEIRO, G.; NOGUEIRA, M. (Eds.). **Combustão e gasificação de biomassa sólida**. Brasília, 2008. p.88-105.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; FIGUEIREDO, C. C.; ZINN, Y. L. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo – Ecossistemas tropicais e subtropicais**, 2, Porto Alegre, 2008. p. 359-406.

RIBEIRO, K. G.; GOMIDE, J. A.; PACIULLO, D. S. C. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. Mott. 2. Valor nutritivo ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1194-1202, 1999.

ROCHA, G. P.; EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. de; ROSA, B. Adubação nitrogenada em gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência Animal Brasileira**, v.3, n.1, p.1-9, 2002.

RODRIGUES, L. R. A.; MONTEIRO, F. A.; RODRIGUES, T. J. D. Capim elefante. In: PEIXOTO, A. M.; PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. V.; FARIA, V. P. (Eds.). Simpósio sobre o manejo da pastagem, 17, Piracicaba, 2001, 2, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.203-224.

RODRIGUES, T. O. **Efeitos da torrefação no condicionamento de biomassa para fins energéticos**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2009, 71p.

SAIKIA, S. P., JAIN, V. Biological nitrogen fixation with non-legumes: An achievable target or a dogma? **Current Science**, v.92, p.317-322, 2007.

SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R. M.; SOKHANSANJ, S.; QUESADA, D. M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; LEM, C. H. The potential of C₄ perennial grasses for developing a global bioheat industry. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.24, p.461-495, 2005.

SANTANA, J. P.; PEREIRA, J. M.; ARRUDA, N. G. Avaliação de cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no Sul da Bahia. I. Agrossistema Cacaueiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 18, n. 3, p. 273-282. 1989.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do estado de São Paulo. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.447-457, 2002.

SARAIVA, O. F., CARVALHO, M. M. Adubação nitrogenada e fosfatada para o estabelecimento de capim elefante em latossolo vermelho-amarelo, textura argilosa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.15, p.201-205, 1991.

SCHEMER, M. R.; VOGEL, K. P.; MITCHELL, R. B.; PERRIN, R. K. Net energy of cellulosic ethanol from switch grass. **PNAS**, v.105, n.2, p. 464-469, 2008.

SEYE, O. **Análise de ciclo de vida aplicada ao processo produtivo de cerâmica estrutural tendo como insumo energético capim elefante**. Tese de Doutorado, Unicamp, 2003, 148p.

SHEARER, G.; KOHL, D. H. N₂ fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.13, p.699-756, 1986.

SILVA, A. C. A.; FRANCISCO, A. C.; SCANDELARI, L. A cogeração de energia a partir do capim brachiaria: Um caso de inovação na indústria de bioenergia. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro, 2008.

SILVA, D. J. Análise de alimentos; métodos químicos e biológicos. 2 ed. Viçosa, UFV, 1990. 165p.

SILVA, D. R. G. **Características estruturais e eficiência da adubação nitrogenada do capim-marandu de pastagens em estágio moderado de degradação sob doses e fontes de nitrogênio.** Dissertação de Mestrado, UFPA, 2007, 58p.

SILVA, F. C. da. **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes** - Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária, Brasília, p. 173-184, 1999.

SMITH J. L.; MYUNG H. Rapid procedures for preparing soil and KCl extracts for ¹⁵N analysis. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 21, n. 17 and 18: 2173-2180, 1990.

STEVENSON F. J. **Humus chemistry.** New York, John Willey & Sons. 1982. 443p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**, 2, Sunderland: Sinauer. 1998. 792p.

TCACENCO, F.A.; BOTREL, M A. Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim elefante. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. de A. **Capim elefante: Produção e industrialização.** Brasília: Embrapa, 1997. p.1-30.

TRINICK, M. J. Competition between rhizobial strains for nodulation. In: VICENT, J. M. ed. **Nitrogen fixation in legumes.** Sidney: Academic. Press, 1982. p.229-238.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. **Capim elefante: Uma Fonte Alternativa Promissora para a Produção de Energia.** 2006. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Capimelefante/. Acesso em: 28/11/2008.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Produção de biocombustíveis: A questão do balanço energético, **Revista de Política Agrícola**, v.5, p.42-46, 2005.

USDA, 2003, Agricultural chemicals and production technology: questions and answers: Economic Research Service. U. S. Dept. Agriculture. Disponível em: <http://www.ers.usda.gov/Briefing/AgChemicals/Questions/nmqa5.htm>. Acesso em: 28/11/2008.

VALE, A. T. do; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Caracterização da madeira e da casca de *Sclerolobium paniculatum*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens* para uso energético. In: **Encontro de energia no meio rural**, 3., 2000, Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC00000002200000100002&lng=en&nrm=abr. Acesso em: 28/11/2008.

VICENTE-CHANDLER, J.; FIGARELLA, J.; SILVA, S. Effects of nitrogen fertilization in frequency of cutting on the yield and composition of Napier in Puerto Rico. **Journal Agriculture University Puerto Rico**, Rio Piedras, v. 43, p. 215-227, 1959.

VITOR, C. M. T. **Adubação nitrogenada e lâmina de água no crescimento do capim elefante.** Tese de Doutorado, UFV, 2006, 77p.

VITOR, C. M. T.; FONSECA, D. M.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; JÚNIOR, D. do N. Produção de material seca e valor nutritivo de pastagem de capim elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.435-442, 2009.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Nutrient cycling in moist Tropical forest. **Am. Ver. Ecol. Syst**, 17: 137-67. 1986.

ZOTARELLI, L. **Influência do sistema de plantio direto e convencional com rotação de culturas na agregação, acumulação de carbono e emissão de óxido nitroso num Latossolo Vermelho Distroférico.** Tese de Doutorado, UFRRJ, 2005, 95p.

8 ANEXO

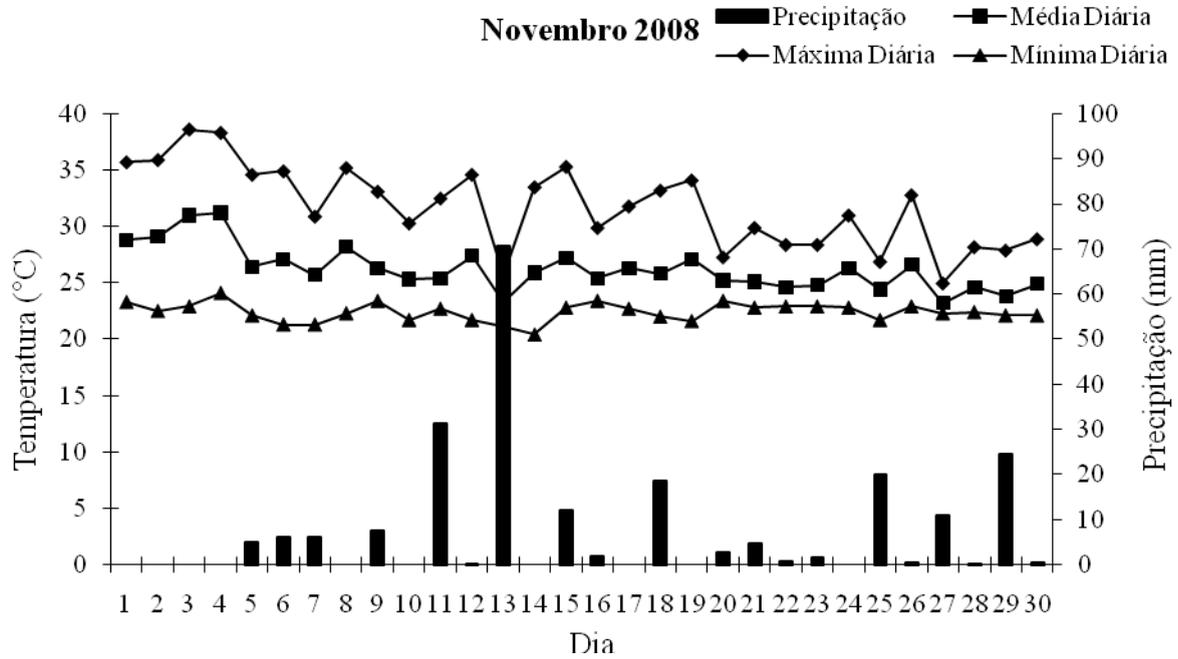


Figura 1 – Índices pluviométricos relativos ao mês de novembro de 2008 do campus da UFT, Gurupi-TO, (UFT, 2009).

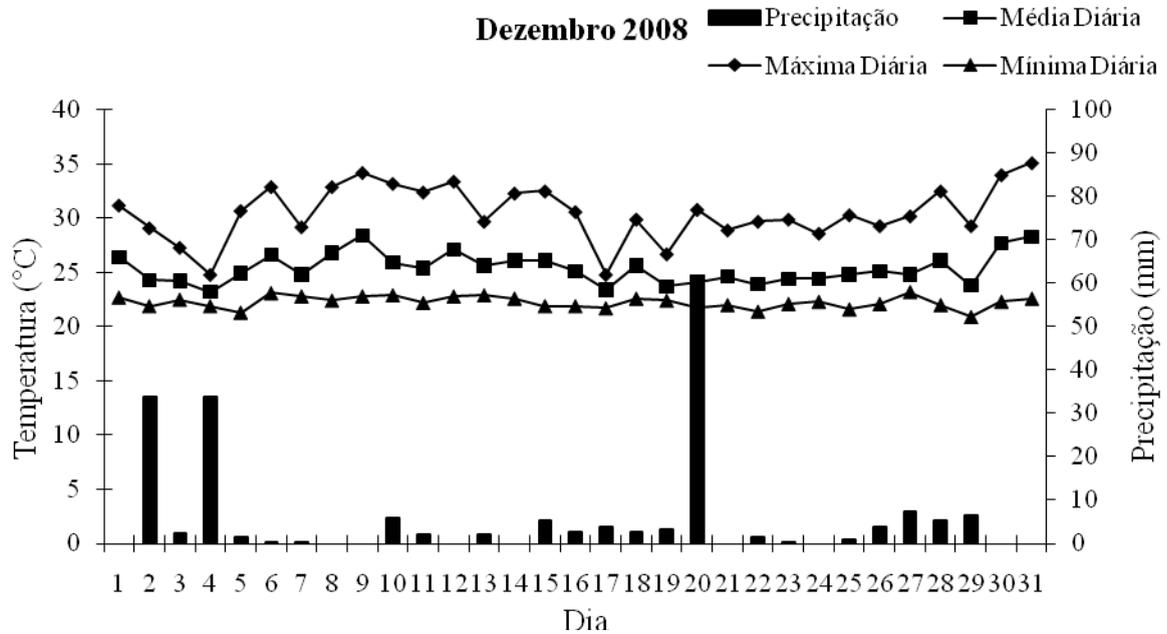


Figura 2 – Índices pluviométricos relativos ao mês de dezembro de 2008 do campus da UFT, Gurupi-TO, (UFT, 2009).

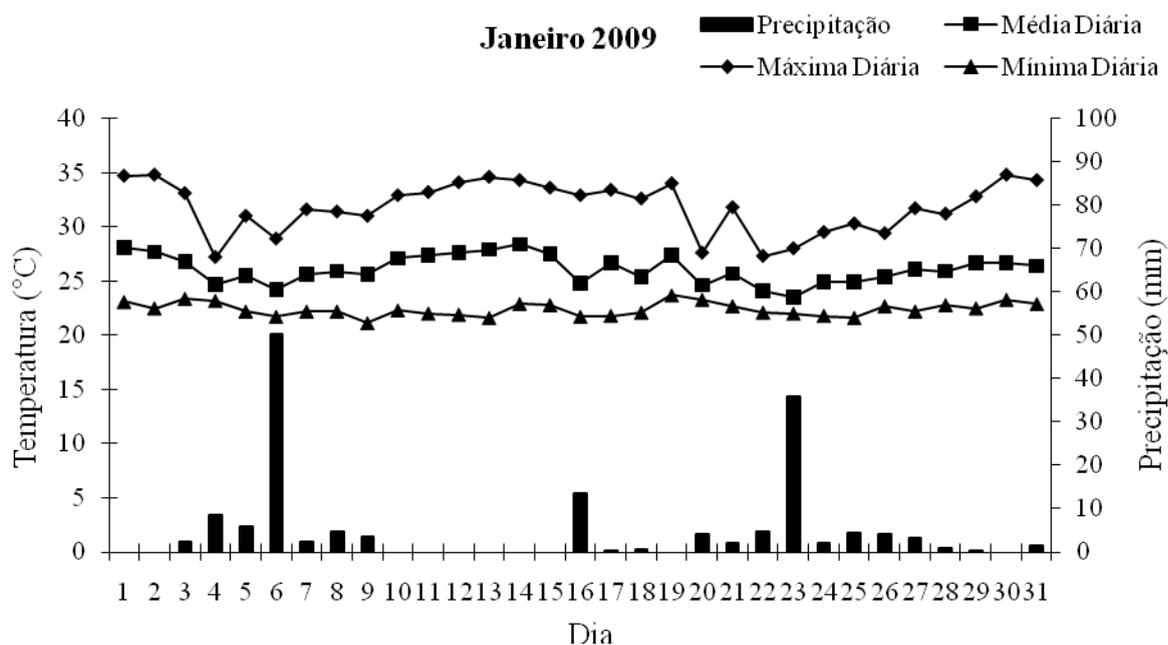


Figura 3 – Índices pluviométricos relativos ao mês de janeiro de 2009 do campus da UFT, Gurupi-TO, (UFT, 2009).

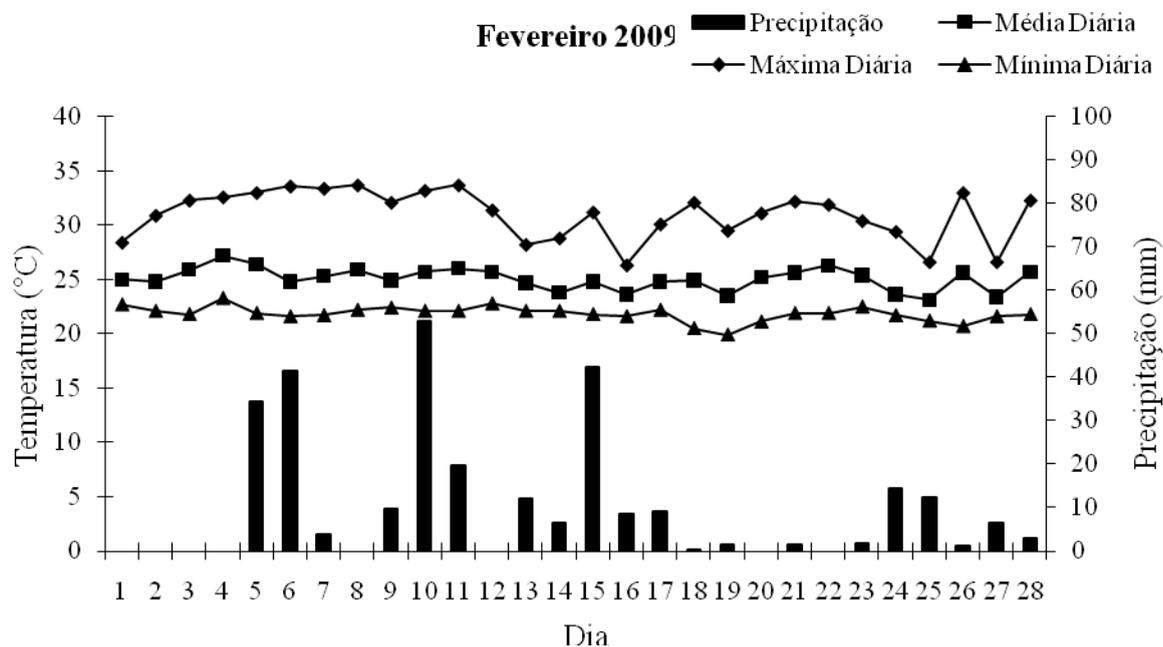


Figura 4 – Índices pluviométricos relativos ao mês de fevereiro de 2009 do campus da UFT, Gurupi-TO, (UFT, 2009).

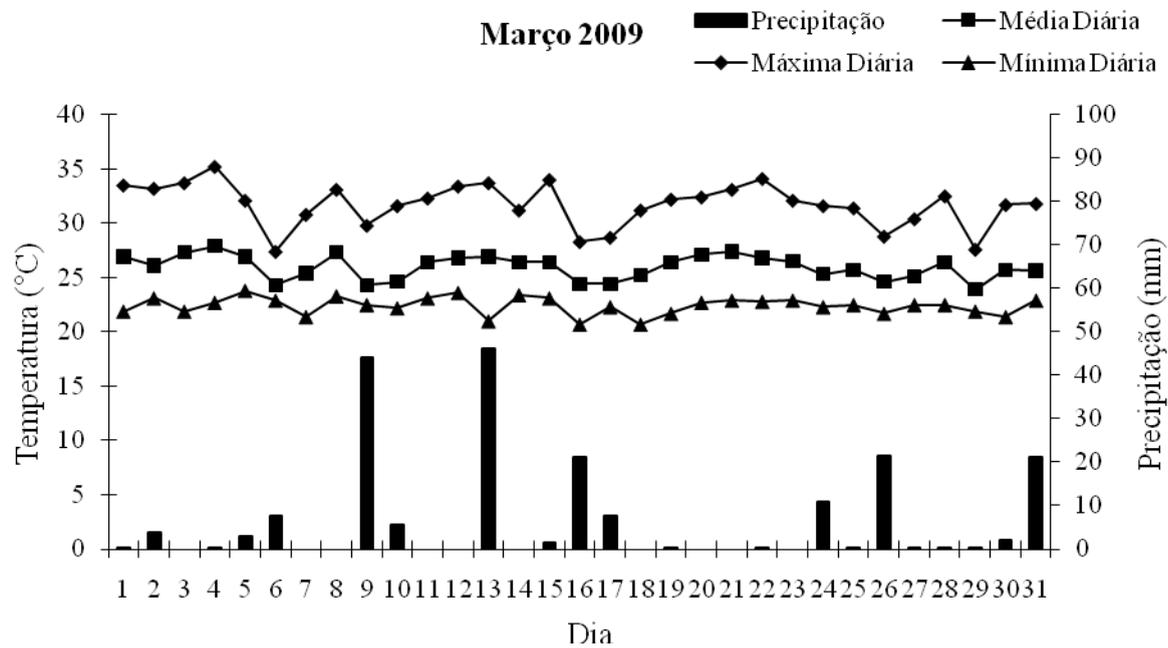


Figura 5 – Índices pluviométricos relativos ao mês de março de 2009 do campus da UFT, Gurupi-TO, (UFT, 2009).

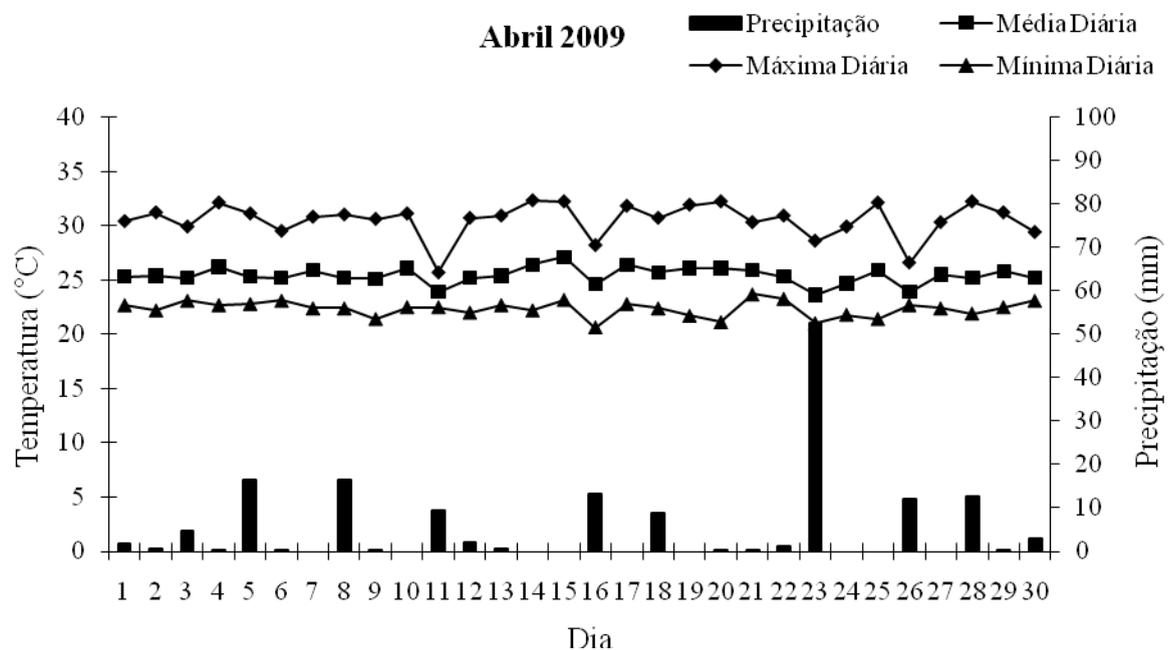


Figura 6 – Índices pluviométricos relativos ao mês de abril de 2009 do campus da UFT, Gurupi-TO, (UFT, 2009).

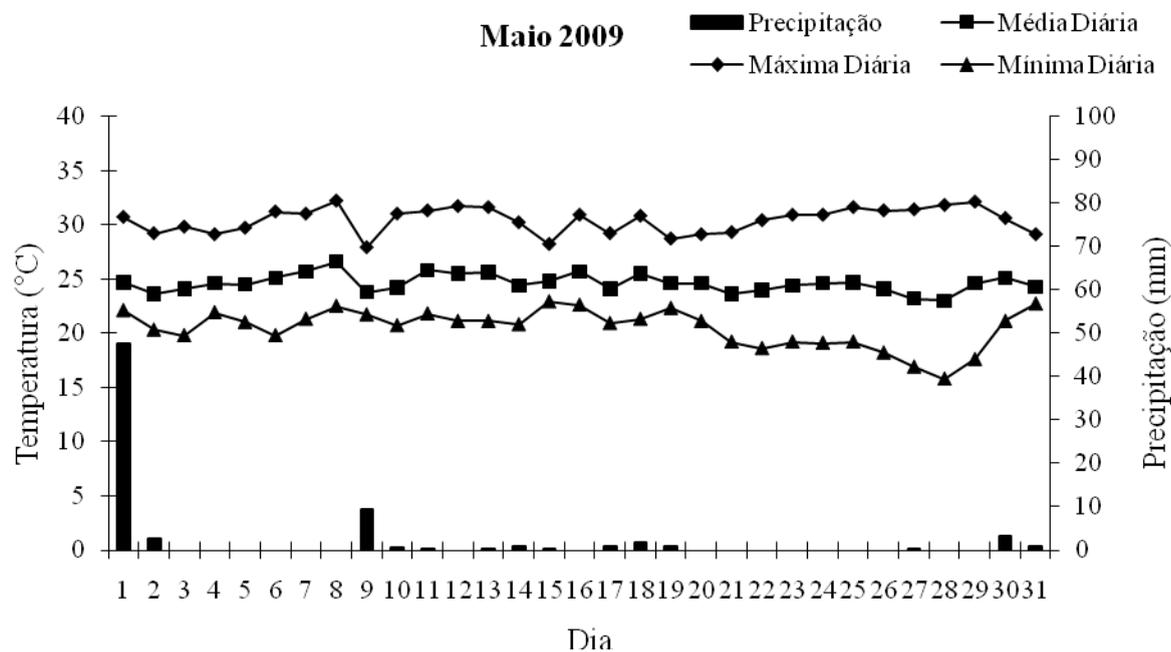


Figura 7 – Índices pluviométricos relativos ao mês de maio de 2009 do campus da UFT, Gurupi-TO, (UFT, 2009).

Tabela 1 – Quadro de análise de variância para produção de biomassa de colmo de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	29,509275	9,836425	0,282	0,8367
Genótipo	1	164,737225	164,737225	4,728	0,118
erro 1	3	104,521475	34,840492		
Dose	1	21,9961	21,9961	4,876	0,0693
Genótipo*Dose	1	5,3824	5,3824	1,193	0,3166
erro 2	6	27,0657	4,51095		
Total corrigido	15	353,212175			
CV 1 (%)=	20,43				
CV 2 (%)=	7,35				

Tabela 2 – Quadro de análise de variância para produção de biomassa de folha de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	5,01075	1,67025	0,478	0,7201
Genótipo	1	26,574025	26,574025	7,604	0,0703
erro 1	3	10,483625	3,494542		
Dose	1	5,929225	5,929225	1,783	0,2302
Genótipo*Dose	1	0,9216	0,9216	0,277	0,6175
erro 2	6	19,956275	3,326046		
Total corrigido	15	68,8755			
CV 1 (%)=	28,36				
CV 2 (%)=	27,66				

Tabela 3 – Quadro de análise de variância para produção de biomassa total de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	57,929569	19,309856	0,442	0,7399
Genótipo	1	323,550156	323,550156	7,412	0,0724
erro 1	3	130,956369	43,652123		
Dose	1	50,658806	50,658806	4,972	0,0673
Genótipo*Dose	1	10,774806	10,774806	1,058	0,3434
erro 2	6	61,131038	10,188506		
Total corrigido	15	635,000744			
CV 1 (%)=	18,61				
CV 2 (%)=	8,99				

Tabela 4 - Quadro de análise de variância para N acumulado no colmo de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	10274,28612	3424,76204	0,352	0,793
Genótipo	1	38311,21156	38311,21156	3,938	0,1414
erro 1	3	29183,23522	9727,745073		
Dose	1	9176,203056	9176,203056	3,21	0,1234
Genótipo*Dose	1	564,894956	564,894956	0,198	0,6722
erro 2	6	17150,92194	2858,48699		
Total corrigido	15	104660,7519			
CV 1 (%)=	29,39				
CV 2 (%)=	15,93				

Tabela 5 - Quadro de análise de variância para N acumulado na folha de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	37610,27474	12536,75825	3,928	0,048
Genótipo	1	46364,67434	15454,89145	4,843	0,0284
erro 1	3	28723,59384	3191,510427		
Dose	1	119635,3381	59817,66903	6,618	0,0051
Genótipo*Dose	1	25308,03898	4218,006497	0,467	0,826
erro 2	6	216913,1578	9038,048242		
Total corrigido	15	474555,0778			
CV 1 (%)=	16,03				
CV 2 (%)=	26,97				

Tabela 6- Quadro de análise de variância para N Total acumulado de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	20219,08263	6739,694208	0,565	0,6748
Genótipo	1	60216,2521	60216,2521	5,045	0,1103
erro 1	3	35808,74235	11936,24745		
Dose	1	19037,10063	19037,10063	6,659	0,0417
Genótipo*Dose	1	713,4241	713,4241	0,25	0,6352
erro 2	6	17154,19018	2859,031696		
Total corrigido	15	153148,792			
CV 1 (%)=	25,04				
CV 2 (%)=	12,25				

Tabela 7- Quadro de análise de variância para a relação carbono/nitrogênio de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	53,96975	17,989917	0,981	0,5062
Genótipo	1	16,120225	16,120225	0,879	0,4177
erro 1	3	55,026825	18,342275		
Dose	1	9,333025	9,333025	0,274	0,6195
Genótipo*Dose	1	0,0625	0,0625	0,002	0,9672
erro 2	6	204,452775	34,075463		
Total corrigido	15	338,9651			
CV 1 (%)=	11,48				
CV 2 (%)=	15,65				

Tabela 8- Quadro de análise de variância para a relação colmo/folha de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,876069	0,292023	0,244	0,8616
Genótipo	1	3,001556	3,001556	2,507	0,2115
erro 1	3	3,591619	1,197206		
Dose	1	1,328256	1,328256	1,017	0,3522
Genótipo*Dose	1	0,088506	0,088506	0,068	0,8033
erro 2	6	7,836787	1,306131		
Total corrigido	15	16,722794			
CV 1 (%)=	23,46				
CV 2 (%)=	24,5				

Tabela 9- Quadro de análise de variância para o teor de Fibras (FDN) na folha de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	43,29045	14,43015	1,181	0,4472
Genótipo	1	0,40960	0,40960	0,034	0,8664
erro 1	3	36,65475	12,21825		
Dose	1	1,18810	1,18810	0,108	0,7532
Genótipo*Dose	1	4,08040	4,08040	0,372	0,5642
erro 2	6	65,80030	10,96672		
Total corrigido	15	151,42360			
CV 1 (%)=	6,06				
CV 2 (%)=	5,74				

Tabela 10- Quadro de análise de variância para o teor de Fibras (FDN) no colmo de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	47,802719	15,934240	0,854	0,5502
Genótipo	1	528,195306	528,195306	28,299	0,0130
erro 1	3	55,993819	18,664606		
Dose	1	14,688056	14,688056	0,725	0,4271
Genótipo*Dose	1	0,001056	0,001056	0,000	0,9945
erro 2	6	121,491038	20,248506		
Total corrigido	15	768,171994			
CV 1 (%)=	7,44				
CV 2 (%)=	7,74				

Tabela 11- Quadro de análise de variância para o teor de Cinzas na folha de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	3,325850	1,108617	2,007	0,2908
Genótipo	1	4,326400	4,326400	7,833	0,0679
erro 1	3	1,656950	0,552317		
Dose	1	0,416025	0,416025	0,527	0,4954
Genótipo*Dose	1	1,404225	1,404225	1,777	0,2309
erro 2	6	4,740950	0,790158		
Total corrigido	15	15,870400			
CV 1 (%)=	8,23				
CV 2 (%)=	9,84				

Tabela 12- Quadro de análise de variância para o teor de Cinzas no colmo de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	3,241300	1,080433	0,651	0,6335
Genótipo	1	66,830625	66,830625	40,280	0,0079
erro 1	3	4,977475	1,659158		
Dose	1	4,182025	4,182025	0,905	0,3781
Genótipo*Dose	1	2,656900	2,656900	0,575	0,4769
erro 2	6	27,713175	4,618863		
Total corrigido	15	109,601500			
CV 1 (%)=	19,98				
CV 2 (%)=	33,33				

Tabela 13- Quadro de análise de variância para o teor de K na folha de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,081719	0,027240	0,302	0,8241
Genótipo	1	0,018906	0,018906	0,210	0,6781
erro 1	3	0,270469	0,090156		
Dose	1	0,018906	0,018906	0,272	0,6207
Genótipo*Dose	1	0,000156	0,000156	0,002	0,9637
erro 2	6	0,417188	0,069531		
Total corrigido	15	0,807344			
CV 1 (%)=	17,63				
CV 2 (%)=	15,48				

Tabela 14- Quadro de análise de variância para o teor de K no colmo de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,342969	0,114323	0,509	0,7036
Genótipo	1	14,156406	14,156406	62,990	0,0042
erro 1	3	0,674219	0,224740		
Dose	1	0,406406	0,406406	0,476	0,5159
Genótipo*Dose	1	0,375156	0,375156	0,440	0,5319
erro 2	6	5,119688	0,853281		
Total corrigido	15	21,074844			
CV 1 (%)=	17,42				
CV 2 (%)=	33,94				

Tabela 15- Quadro de análise de variância para o teor de P na folha de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,898475	0,299492	0,712	0,6068
Genótipo	1	0,000100	0,000100	0,000	0,9887
erro 1	3	1,262700	0,420900		
Dose	1	0,027225	0,027225	0,031	0,8664
Genótipo*Dose	1	2,371600	2,371600	2,684	0,1525
erro 2	6	5,301475	0,883579		
Total corrigido	15	9,861575			
CV 1 (%)=	28,75				
CV 2 (%)=	41,66				

Tabela 16- Quadro de análise de variância para o teor de P no colmo de dois genótipos de capim elefante, cultivados no campus experimental da UFT em Gurupi-TO, no 1º ciclo.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,053869	0,017956	0,367	0,7841
Genótipo	1	0,013806	0,013806	0,282	0,6322
erro 1	3	0,146919	0,048973		
Dose	1	0,011556	0,011556	0,133	0,7277
Genótipo*Dose	1	0,028056	0,028056	0,323	0,5902
erro 2	6	0,520538	0,086756		
Total corrigido	15	0,774744			
CV 1 (%)=	17,33				
CV 2 (%)=	23,07				

Tabela 17– Quadro de análise de variância para a produção de biomassa de colmo de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	175,379540	58,459847	10,283	0,0029
Doses	3	101,899056	33,966352	5,975	0,0159
erro 1	9	51,163569	5,684841		
Época	2	374,162904	187,081452	14,816	0,0001
Doses*Época	6	73,878913	12,313152	0,975	0,4631
erro 2	24	303,043117	12,626797		
Total corrigido	47	1079,527098			
CV 1 (%)=	9,77				
CV 2 (%)=	14,56				

Tabela 18- Quadro de análise de variância para a produção de biomassa de folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	8,113975	2,704658	2,093	0,1715
Doses	3	5,537275	1,845758	1,428	0,2977
erro 1	9	11,632542	1,292505		
Época	2	33,572129	16,786065	12,228	0,0002
Doses*Época	6	5,787737	0,964623	0,703	0,6503
erro 2	24	32,945733	1,372739		
Total corrigido	47	97,589392			
CV 1 (%)=	22,72				
CV 2 (%)=	23,42				

Tabela 19- Quadro de análise de variância para a produção de biomassa total de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	231,886306	77,295435	8,585	0,0052
Doses	3	153,272523	51,090841	5,675	0,0184
erro 1	9	81,029202	9,003245		
Época	2	586,784512	293,392256	15,163	0,0001
Doses*Época	6	103,679171	17,279862	0,893	0,5156
erro 2	24	464,393117	19,349713		
Total corrigido	47	1621,044831			
CV 1 (%)=	10,2				
CV 2 (%)=	14,96				

Tabela 20- Quadro de análise de variância para N acumulado no colmo de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	30767,356150	10255,785383	3,83	0,0510
Doses	3	32531,070817	10843,690272	4,04	0,0446
erro 1	9	24098,300833	2677,588981		
Época	2	64321,656087	32160,828044	4,523	0,0215
Doses*Época	6	15350,670096	2558,445016	0,36	0,8970
erro 2	24	170667,855817	7111,160659		
Total corrigido	47	337736,909800			
CV 1 (%)=	18,87				
CV 2 (%)=	30,75				

Tabela 21- Quadro de análise de variância para N acumulado na folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	2357,717500	785,905833	1,97	0,1891
Doses	3	1324,162600	441,387533	1,106	0,3961
erro 1	9	3590,870567	398,985619		
Época	2	13092,183079	6546,091540	13,287	0,0001
Doses*Época	6	2496,708438	416,118073	0,845	0,5483
erro 2	24	11824,026883	492,667787		
Total corrigido	47	34685,669067			
CV 1 (%)=	25,52				
CV 2 (%)=	28,36				

Tabela 22- Quadro de análise de variância para N total acumulado de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	37610,274742	12536,758247	3,928	0,0480
Doses	3	46364,674342	15454,891447	4,843	0,0284
erro 1	9	28723,593842	3191,510427		
Época	2	119635,338067	59817,669033	6,618	0,0051
Doses*Época	6	25308,038983	4218,006497	0,467	0,8260
erro 2	24	216913,157817	9038,048242		
Total corrigido	47	474555,077792			
CV 1 (%)=	16,03				
CV 2 (%)=	26,97				

Tabela 23– Quadro de análise de variância para a relação carbono/nitrogênio de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	81,567242	27,189081	0,7	0,5752
Doses	3	159,846375	53,282125	1,372	0,3125
erro 1	9	349,479242	38,831027		
Época	2	65,514087	32,757044	0,499	0,6133
Doses*Época	6	51,385412	8,564235	0,13	0,9912
erro 2	24	1575,626367	65,651099		
Total corrigido	47	2283,418725			
CV 1 (%)=	16,05				
CV 2 (%)=	20,87				

Tabela 24- Quadro de análise de variância para a relação colmo/folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	4,288440	1,429480	1,145	0,3825
Doses	3	0,770140	0,256713	0,206	0,8900
erro 1	9	11,235635	1,248404		
Época	2	13,707079	6,853540	10,781	0,0005
Doses*Época	6	3,985704	0,664284	1,045	0,4217
erro 2	24	15,256750	0,635698		
Total corrigido	47	49,243748			
CV 1 (%)=	22,01				
CV 2 (%)=	15,7				

Tabela 25- Quadro de análise de variância fibras (FDN) na folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	28,306706	9,435569	1,501	0,3069
Doses	3	28,211656	9,403885	1,496	0,3081
erro 1	6	37,713650	6,285608		
Época	2	14,516600	7,258300	1,031	0,3703
Doses*Época	6	7,341950	1,223658	0,174	0,9817
erro 2	27	190,121269	7,041528		
Total corrigido	47	306,211831			
CV 1 (%)=	4,35				
CV 2 (%)=	4,60				

Tabela 26- Quadro de análise de variância fibras (FDN) no colmo de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	25,754208	8,584736	0,6490	0,6118
Doses	3	4,691575	1,563858	0,1180	0,9461
erro 1	6	79,364004	13,227334		
Época	2	490,562713	245,281356	21,6270	0,0000
Doses*Época	6	47,689088	7,948181	0,7010	0,6514
erro 2	27	306,224538	11,341650		
Total corrigido	47	954,286125			
CV 1 (%)=	5,31				
CV 2 (%)=	4,92				

Tabela 27- Quadro de análise de variância de cinzas na folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	11,395900	3,798633	4,444	0,0354
Doses	3	3,143767	1,047922	1,226	0,3557
erro 1	6	7,692367	0,854707		
Época	2	36,256762	18,128381	18,972	0,0000
Doses*Época	6	6,441471	1,073578	1,124	0,3785
erro 2	24	22,932633	0,955526		
Total corrigido	47	87,862900			
CV 1 (%)=	9,4				
CV 2 (%)=	9,94				

Tabela 28- Quadro de análise de variância de cinzas no colmo de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	4.257.742	1.419.247	0,757	0,5458
Doses	3	3.556.692	1.185.564	1	0,6125
erro 1	6	16.876.892	1.875.210		
Época	2	34.836.617	17.418.308	11	0,0004
Doses*Época	6	6.794.833	1.132.472	0,705	0,6487
erro 2	24	38.565.617	1.606.901		
Total corrigido	47	104.888.392			
CV 1 (%)=	25,73				
CV 2 (%)=	23,82				

Tabela 29- Quadro de análise de variância para o teor de K na folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	41,229167	13,743056	1,302	0,3571
Doses	3	4,187500	1,395833	0,132	0,9374
erro 1	6	63,333333	10,555556		
Época	2	772,625000	386,312500	16,245	0,0000
Doses*Época	6	116,875000	19,479167	0,819	0,5648
erro 2	27	642,062500	23,780093		
Total corrigido	47	1.640,312500			
CV 1 (%)=	15,24				
CV 2 (%)=	22,88				

Tabela 30- Quadro de análise de variância para o teor de K no colmo de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	55,43229	18,47743	0,899	0,4946
Doses	3	91,09896	30,36632	1,477	0,3125
erro 1	6	123,36458	20,56076		
Época	2	489,26042	244,63021	6,481	0,0050
Doses*Época	6	53,32292	8,88715	0,235	0,9611
erro 2	27	1.019,14063	37,74595		
Total corrigido	47	1.831,61979			
CV 1 (%)=	20,66				
CV 2 (%)=	27,99				

Tabela 31- Quadro de análise de variância para o teor de P na folha de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	2,04994	0,683313	7,434	0,0191
Doses	3	0.453806	0.151269	1.646	0.276
erro 1	6	0.551504	0.091917		
Época	2	8.333.579	4.166.790	9.337	0.0008
Doses*Época	6	1.651.538	0.275256	0.617	0.7150
erro 2	27	12.049.781	0.446288		
Total corrigido	47	25.090.148			
CV 1 (%)=	11,73				
CV 2 (%)=	25,85				

Tabela 32- Quadro de análise de variância para o teor de P no colmo de capim elefante cv. Paraíso, cultivados sob diferentes condições de manejo, com efeito da aplicação de quatro doses de N-fertilizante, cultivados no campus experimental da UFT, em Gurupi-TO.

Tabela de Análise de Variância					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	0,156042	0,052014	0,632	0,621
Doses	3	0,098475	0,032825	0,399	0,7592
erro 1	6	0,493996	0,082333		
Época	2	1,569388	0,784694	13,161	0,0001
Doses*Época	6	0,087012	0,014502	0,243	0,9579
erro 2	27	1,609813	0,059623		
Total corrigido	47	4,014725			
CV 1 (%)=	20,51				
CV 2 (%)=	17,46				