

Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) para uso como fonte alternativa de energia





Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1676-6709

Agosto/2009

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 41

Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) para uso como fonte alternativa de energia

Rafael Fiusa de Moraes
Luis Henrique de Barros Soares
Claudia Pozzi Jantalia
Bruno José Rodrigues Alves
Robert Michael Boddey
Segundo Urquiaga

Seropédica – RJ
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

Embrapa Agrobiologia

BR 465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 3441-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê Local de Publicações: Norma Gouvea Rumjanek (Presidente)

José Ivo Baldani

Guilherme Montandon Chaer

Luis Henrique Barros Soares

Bruno José Rodrigues Alves

Ednaldo Araújo

Carmelita do Espírito Santo (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: José Ivo Baldani e Veronica Massena Reis

Normalização Bibliográfica: Carmelita do Espírito Santo

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2009): 50 exemplares

M827p Morais, Rafael Fiusa de

Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) para uso como fonte alternativa de energia / Rafael Fiusa de Morais et al. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2008. 20 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento 41).

ISSN 1676-6709

1. Capim elefante. 2. Biomassa. 3. Bioenergia. 4. Fixação Biológica de Nitrogênio. I. Soares, Luis Henrique de Barros. Jantalia, Claudia Pozzi. III. Alves, Bruno José Rodrigues. IV. Boddey, Robert Michael. V. Urquiaga, Segundo. VI. Embrapa Agrobiologia (Seropédica, RJ). VII. Título. VIII. Série.

CDD 633.2

Autores

Rafael Fiusa de Moraes

Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. BR 465, km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23890-000. e-mail: rafaelfiusademorais@gmail.com

Luis Henrique de Barros Soares

Engenheiro Agrônomo, PhD em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, C. Postal 74.505, BR 465 km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23851-970. e-mail: luis.henrique@cnpab.embrapa.br

Claudia Pozzi Jantalia

Engenheira Agrônoma, PhD em Ciência do Solo, Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, C. Postal 74.505, BR 465 km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23851-970. e-mail: claudia@cnpab.embrapa.br

Bruno José Rodrigues Alves

Engenheiro Agrônomo, PhD em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, C. Postal 74.505, BR 465 km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23851-970. e-mail: bruno@cnpab.embrapa.br

Robert Michael Boddey

Químico Agrícola, PhD em Microbiologia, Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, C. Postal 74.505, BR 465 km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23851-970. e-mail: bob@cnpab.embrapa.br

Segundo Urquiaga

Engenheiro Agrônomo, PhD em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, C. Postal 74.505, BR 465 km 07, Seropédica, RJ, Brasil, 23851-970. e-mail: urquiaga@cnpab.embrapa.br

SUMÁRIO

Resumo.....	7
Abstract.....	8
Introdução	9
Materiais e Métodos	10
Tratamentos e delineamento experimental	10
Implantação e condução do experimento	11
Produção de matéria seca, N-total acumulado e Fixação biológica de N ₂	11
Relação carbono/nitrogênio (C/N) e relação talo/folha (T/F)	12
Análise de fibras	12
Análise estatística.....	12
Resultados e Discussão.....	13
Conclusões	18
Referências Bibliográficas.....	19

Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio em diferentes genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) para uso como fonte alternativa de energia

*Rafael Fiusa de Moraes
Luis Henrique de Barros Soares
Claudia Pozzi Jantalia
Bruno José Rodrigues Alves
Robert Michael Boddey
Segundo Urquiaga*

Resumo

Este trabalho buscou avaliar diferentes genótipos de capim-elefante quanto ao rendimento de biomassa, acúmulo de N e contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) na sua demanda por este nutriente. Também foram analisadas as qualidades da biomassa através da relação C/N, dos teores de cinzas, fibra e seus componentes lignina e celulose. O estudo foi realizado em dois solos de diferentes texturas (Argissolo Vermelho Amarelo e Planossolo Háplico). Utilizou-se o delineamento experimental com blocos casualizados em esquema fatorial, com parcelas subdivididas e com quatro repetições. Os genótipos utilizados foram Cameroon, BAG 02, CNPGL F 06-3, Gramafante e Roxo. A produção de matéria seca (MS) dos diferentes genótipos variou entre 44 e 66 Mg MS·ha⁻¹, em 21 meses de cultivo, em três colheitas realizadas. Os valores de N-total acumulado na parte aérea variaram entre 250 e 332 kg·ha⁻¹. Quanto ao acúmulo de N e rendimento de biomassa, os genótipos que mais se destacaram foram: Cameroon, CNPGL F 06-3 e BAG 02. Os resultados da contribuição da FBN foram promissores para todos os genótipos, tendo-se encontrado valores de até 54% para CNPGL F 06-3. A relação C/N, os teores de fibra, celulose e lignina, em geral, não foram influenciados pelas diferenças de fertilidade dos dois solos avaliados. Os teores de cinzas ficaram abaixo de 5%. Conclui-se que o capim-elefante apresentou características positivas para ser utilizado na produção de energia renovável, sendo que os genótipos Cameron, BAG 02 e CNPGL F 06-3 foram os mais destacados.

Termos para indexação: capim elefante, biomassa, fixação biológica de nitrogênio, bioenergia

Productive potential and efficiency of biological nitrogen fixation of elephant-grass genotypes (*Pennisetum purpureum* Schum.) to be used as an alternative source of energy

Abstract

This study aimed to evaluate different elephant grass genotypes for biomass yield, N accumulation and the contribution of biological nitrogen fixation (BNF) in the plant demand for this nutrient. The quality of biomass through the C / N ratio, ash levels, and fiber components like cellulose and lignin were also evaluated. The study was conducted in two soils of different textures (Ultisol and Planossol). It was used an experimental design with randomized blocks in a factorial set with split parcels and four replications. The genotypes were Cameroon, BAG 02, CNPGL F 06-3, Gramafante and Roxo. The production of dry matter (DM) for different genotypes ranged from 44 to 66 Mg DM·ha⁻¹ in 21 months of cultivation and three harvests. The values of total-N accumulated in shoots ranged from 250 to 332 kg·ha⁻¹. As for the accumulation of N and biomass yield, the most important genotypes were Cameroon, CNPGL F 06-3 and BAG 02. The results of the contribution of BNF were evident for all genotypes, and it was found some values up to 54% for F CNPGL 06-3. The C / N ratio, the levels of fiber, cellulose and lignin, in general, were not influenced by fertility differences of the two evaluated soils. The contents of ash were below 5%. By conclusion, the elephant grass showed good characteristics for use in the production of renewable energy, and the genotypes Cameron, BAG 02, CNPGL F 06-3 were the most prominent.

Key words: biomass, grass, bioenergy, biological nitrogen fixing.

Introdução

O problema da demanda energética vem se tornando uma preocupação mundial. Muitos países buscam alternativas ao uso de combustíveis fósseis, devido principalmente a três motivos: (a) A necessidade de diminuir a dependência do petróleo e derivados por serem fontes finitas de energia, (b) as preocupações ambientais decorrente do seu uso; e (c) o ganho econômico que se pode ter com esta substituição, quer seja porque novos produtos podem ser valorizados por não degradarem o ambiente, ou pela expectativa de se obter créditos através do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), previsto no Protocolo de Quioto . Assim a produção alternativa de energia através de biomassa vegetal representa hoje um desafio para a ciência, e para os países de um modo geral, principalmente os emergentes (SAMSON et al., 2005).

A cultura de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) é altamente eficiente na fixação de CO₂ (gás carbônico) atmosférico durante o processo de fotossíntese para a produção de biomassa. Isto é típico de gramíneas tropicais que crescem rapidamente e otimizam o uso da água, do solo, e da energia solar (LEMUS et al., 2002). É uma planta que responde bem aos fertilizantes nitrogenados, e a maioria dos estudos de melhoramento realizados com este vegetal busca somente o seu enriquecimento em proteína, de modo a resultar em ganhos de peso mais rápidos em bovinos, e em um maior aproveitamento desse insumo agrícola, que é caro, e de alta demanda energética na sua produção.

Por outro lado, recentemente se estuda o aproveitamento da biomassa vegetal para uso como fonte alternativa de energia, e neste sentido, um novo rumo deve ser dado em relação às características desejáveis nesta espécie. Busca-se uma planta rica em fibras aliada à alta produção de biomassa, para que esta tenha boa qualidade para ser utilizada com fins energéticos. Quesada (2005) em experimentos conduzidos em solos de baixa fertilidade obteve altas produtividades de biomassa com teores de fibras próximos de 55% e 50% em colmos e folhas, respectivamente. Queiroz Filho et al. (2000), estudando a qualidade do capim-elefante cultivar Roxo em diferentes idades de corte, encontraram valores percentuais de 48% para Fibra em Detergente Ácido (FDA), aos 100 dias de cultivo, e Campos et al (2002) encontraram valores percentuais de 41% para FDA, aos 105

dias, e de 37% e 5%, respectivamente para celulose e lignina. Estes resultados demonstram que a qualidade da biomassa é dependente do manejo a ser adotado na cultura, principalmente o intervalo entre cortes (QUESADA, 2005) e a disponibilidade de nutrientes (ANDRADE et al., 2005). Segundo Quesada (2005) esses percentuais são mais baixos que os de algumas plantas utilizadas para a mesma finalidade, como Eucalipto, por exemplo, mas quando se considera os potenciais de produtividade e quantidade de cortes por ano, o capim-elefante leva grande vantagem, pois o Eucalipto leva sete anos para ser cortado, e o capim-elefante, nesse período, pode ser cortado até 14 vezes (2 cortes/ano), superando substancialmente o Eucalipto em produtividade, e compensando assim o menor percentual de lignina.

Tratando-se de uma espécie de alto rendimento, deve-se considerar que os níveis potenciais de produção só podem ser atingidos quando as necessidades de nutrientes são atendidas, por isso a importância do solo estar corrigido e adubado adequadamente. Deve-se ter em conta que a maioria de variedades de capim-elefante responde a doses crescentes de nitrogênio, comprovado, por exemplo, por Mistura et al. (2006), onde foram observadas respostas positivas da cultura até doses de $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de nitrogênio, em termos de produção de forragem.

Quando a seleção dos genótipos é feita em com base na produção de matéria seca em solos de baixa fertilidade natural (principalmente pobres em N) pode-se estar favorecendo o processo da fixação biológica de nitrogênio (FBN) associada à cultura em questão. Assim, este estudo de campo foi desenvolvido em dois tipos de solos de baixa fertilidade, no intuito de identificar genótipos com maior potencial de produção de biomassa, com habilidade em obter nitrogênio através do processo de fixação biológica associativa, e com outras características apropriadas para utilização agroenergética.

Materiais e Métodos

Tratamentos e delineamento experimental

Este estudo foi realizado na área experimental da Embrapa Agrobiologia, localizada no município de Seropédica, Rio de Janeiro. O delineamento estatístico foi feito em parcelas divididas, sendo a parcela principal (tipos de solo) e a sub-parcela (genótipos de capim-

elefante), com quatro repetições. Os solos plantados com o capim foram Argissolo Vermelho Amarelo (AVA) e Planossolo Háplico (PH), ambos considerados de baixa fertilidade e que normalmente apresentam limitação na disponibilidade de N para as plantas. Plantaram-se os genótipos de capim-elefante Cameroon, Bag 02, Gramafante, Roxo e CNPGL F06-3, provenientes do banco de germoplasma da Embrapa Gado de Leite, campo experimental de Coronel Pacheco, MG. As parcelas foram constituídas de 6 linhas com 7 m de comprimento e espaçamento de 1 m, totalizando uma área de 36 m² por parcela.

Implantação e condução do experimento

Neste experimento, aplicaram-se no fundo do sulco de plantio, 150 e 100 kg·ha⁻¹ de K₂O para o Argissolo e Planossolo, respectivamente, e 100 kg·ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 60 kg·ha⁻¹ de FTE BR 12 para ambos os solos, este último como fonte de micronutrientes. As doses de P, K e micronutrientes foram aplicadas com base no acúmulo médio destes nutrientes na cultura de capim-elefante e de forma a garantir que somente o nitrogênio seria o fator limitante para o desenvolvimento, visando estimular o processo de FBN na mesma. O experimento foi instalado em outubro de 2005, sendo sua primeira colheita realizada em junho de 2006, a segunda em janeiro de 2007 e a terceira em julho de 2007. Durante a condução do experimento foram realizadas capinas mecânicas, de acordo com a necessidade.

Produção de matéria seca, N-total acumulado e Fixação biológica de N₂

A biomassa das parcelas foi pesada fresca, sem separar caule e folhas, e logo após foram retiradas sub-amostras para secagem em estufa à 65°C até peso constante, para determinação de matéria seca total. A proporção de caule e folha presente em cada genótipo em estudo foi calculada a partir de dez plantas coletadas aleatoriamente dentro de cada parcela no momento da colheita. Após esta etapa, as amostras de plantas foram passadas em moinho tipo Willey (peneiras de 2 mm) e, em seguida, em moinho de rolagem até a pulverização (SMITH e MYUNG, 1990). Foram feitas análises do teor de N-total e da abundância natural de ¹⁵N para calcular a contribuição da FBN para as plantas de capim-elefante (BODDEY et al., 1994). Em relação às

testemunhas, foi feita uma amostra composta por bloco para cada espécie, sendo que as amostras simples foram coletadas aleatoriamente dentro das parcelas seguindo as linhas de capim-elefante.

Relação carbono/nitrogênio (C/N) e relação talo/folha (T/F)

A Relação C:N dos diferentes genótipos coletados foi calculada através da divisão do teor de carbono na matéria seca (45% da biomassa seca) pelo teor de nitrogênio acumulado na matéria seca, fornecendo então um valor para esta relação. Pelo valor apresentado, sabe-se um pouco mais sobre a capacidade que os materiais tem em acumular biomassa por unidade de N, o qual está associado com a produção de energia. Já para a relação T/F, os dados foram obtidos através da divisão do total de biomassa de colmos produzidos pelo total de biomassa de folhas.

Análise de fibras

A análise das fibras foi realizada conforme proposto por Van Soest (1968), que é baseado na separação das frações dos tecidos constituintes das forrageiras, por meio de reagentes específicos. A utilização de detergente em meio ácido tem por finalidade solubilizar o conteúdo celular e a hemicelulose, obtendo-se um resíduo insolúvel denominado fibra em detergente ácido (FDA), constituída em quase a sua totalidade de celulose e lignina (lignocelulose). Por intermédio do permanganato de potássio (KMnO_4), a lignina é solubilizada, completando-se então o fracionamento dos constituintes da parede celular. A celulose é estimada por diferença de pesagens, antes e depois de se levar os cadinhos a mufla.

Análise estatística

Para a análise estatística dos dados utilizou-se o pacote estatístico Saeg 9.1. Inicialmente foram analisadas a normalidade e homogeneidade das variâncias dos erros através dos testes de Lilliefors e de Cochran e Bartley, respectivamente. Com os pressupostos atendidos, foram realizadas as análises de variância (ANOVA) com a aplicação do teste F e, para as variáveis cujo teste F for significativo, compararam-se as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

Resultados e Discussão

Os resultados de produção de matéria seca nos três ciclos em estudo são apresentados na Tabela 1. Nos três ciclos de estudo foi observada interação significativa entre genótipos e tipos de solo, sendo que os maiores rendimentos de biomassa seca foram obtidos pelos genótipos Bag 02 ($66,7 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e Cameroon ($63,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Os trabalhos da literatura relatam que a cultura de capim-elefante apresenta elevado potencial de produção de matéria seca, embora isto esteja associado à aplicação de altas doses N-fertilizante.

Tabela 1. Resultados totais de rendimento de biomassa seca (matéria seca) de cinco genótipos de capim-elefante crescidos em dois tipos de solos, em três ciclos de estudo (21 meses).

Solo	Genótipo	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo	Total
		Mg MS·ha ⁻¹			
	CNPGL F06-3	26,6 a	22,1ab	10,7 a	59,4 b
	Gramafante	23,6 a	18,1 b	11,7 a	53,4 bc
Argissolo Vermelho	Bag 02	24,3 a	27,9 a	14,5 a	66,6 a
Amarelo	Roxo	20,3 a	26,1 ab	6,7 b	53 bc
	Cameroon	29,5 a	20,1 ab	12,3 a	61,9 ab
	CNPGL F06-3	28,4 ab	22,8 a	7 ab	58,2 ab
	Gramafante	28,9 ab	15 ab	9,3 a	53,1 b
Planossolo Háptico	Bag 02	28,1 ab	17,8 ab	9,7 a	55,6 b
	Roxo	21,1 b	18,8 b	5,1 b	45 c
	Cameroon	32,0 a	20,1 a	10,9 a	63,1 a
Média		26,3	20,9	9,8	56,9
CV %		23,2	19,4	32,2	31,3

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

Estudando a produtividade de quatro genótipos de capim elefante, dentre eles Gramafante, Cameroon e Roxo. Queiroz Filho et al., (1998) encontraram produtividades de $19 \text{ Mg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, mesmo com adubação de $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, na forma de sulfato de amônio, valores bem abaixo dos encontrados nesse estudo, pois se for somado o tempo das três colheitas, em torno de 21 meses, tem-se produtividades de até $38 \text{ Mg MS ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. Queiroz Filho et al., (2000) obteve $31 \text{ Mg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ em 3,5 meses, para o genótipo Roxo, aplicando-se $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Aqui, o genótipo Cameroon atingiu valores

semelhantes na 1ª colheita em 7 meses de cultivo (Tabela 1). Porém, essa produção foi alcançada sem qualquer adubação nitrogenada. Sabe-se que o capim-elefante responde com aumento de produtividade a doses crescentes de nitrogênio, mas os elevados custos da adubação oneram a sua produção. Como o balanço energético é de fundamental importância na produção agroenergética, busca-se boas produtividades no campo com utilização mínima ou nenhuma de adubação nitrogenada, para reduzir os custos de produção e potencializar o saldo energético, considerando a alta demanda de energia fóssil na produção dos adubos nitrogenados. Neste estudo, mesmo sem uma suplementação de N-fertilizante, todos os genótipos mostraram alta acumulação desse nutriente, acompanhando o aumento da produção de matéria seca (Tabela 2). Em média 292 kg de N·ha⁻¹ foram acumulados pelas plantas, o que poderia ser explicado, em parte, pela ocorrência de fixação biológica de nitrogênio, uma vez que os solos utilizados eram muito deficientes neste nutriente. Foram observadas diferenças estatísticas entre os genótipos, nos dois solos em estudo.

Os altos potenciais observados para acúmulo de nitrogênio pode estar explicando a alta adaptabilidade que estes genótipos possuem ao serem cultivados em solos pobres. Quesada (2005), em estudos com diferentes genótipos num Planossolo, incluindo os genótipos escolhidos para este experimento, obteve resultados similares aos deste estudo, e observou um acúmulo de até 270 kg de N·ha⁻¹ em 15 meses de cultivo.

Tabela 2. Resultados de acúmulo de nitrogênio (em kg de N·ha⁻¹) de cinco genótipos de capim-elefante, cultivados em dois tipos de solos, nos três ciclos de estudo, em Seropédica, RJ.

Solo	Genótipo	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo	Total
		Kg N.ha ⁻¹			
	CNPGL F06-3	105 a	129 a	68 a	302 ab
	Gramafante	69 a	82 b	81 a	232 b
Argissolo Vermelho	Bag 02	98 a	141 a	96 a	335 a
Amarelo	Roxo	95 a	125 a	50 a	270 b
	Cameroon	106 a	134 a	102 a	343 a
	CNPGL F06-3	116 ab	135 a	45 a	296 ab
	Gramafante	92 b	94 b	55 a	241 b
Planossolo Háptico	Bag 02	117 ab	121 a	77 a	316 a
	Roxo	117 ab	84 b	39 a	240 b
	Cameroon	162 a	139 a	41 a	342 a
Média		108	118	65	292
CV %		33	31	21	26

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

Na Tabela 3 observa-se a contribuição da fixação biológica de nitrogênio associada ao capim-elefante. Observaram-se nos três ciclos que as contribuições foram bastante significativas. A média da contribuição via FBN esteve acima de 30%, mostrando o potencial destes genótipos de capim-elefante para obter nitrogênio associado a microrganismos diazotróficos.

Os resultados relativos à relação C/N, relação talo/folha e os teores de fibra em detergente ácido, lignina, celulose e cinzas são apresentados na Tabela 4. Os resultados correspondem à média dos três ciclos estudados. Para relação C/N, nos dois solos em estudo os valores se mantiveram acima de 70, destacando-se o genótipo Gramafante que apresentou relação C/N próximos de 120, o que corresponde a um valor 71% acima da média. Estes resultados são promissores e confirmam o alto potencial de fixação de carbono dos genótipos estudados. Os resultados de relação T/F acompanharam a tendência observada para relação C/N e mostraram que para todos os genótipos em estudo, nos dois solos, mais de 60% de toda a biomassa produzida esta acumulada nos colmos.

Tabela 3. Contribuição percentual da Fixação Biológica de Nitrogênio (%Ndfa), na nutrição nitrogenada de 5 genótipos de capim- elefante, crescidos em dois tipos de solos, em Seropédica, R.J. Resultados relativos ao 1º, 2º e 3º ciclo de cultivo.

Solo	Genótipo	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo	Total
		% Ndfa			
	CNPGL F06-3	32 a	42 ab	34 ab	37 a
	Gramafante	31 a	40 ab	31 ab	34 a
Argissolo Vermelho	Bag 02	35 a	29 b	33 ab	32 a
Amarelo	Roxo	21 b	43 a	23 b	32 a
	Cameroon	30 a	43 a	38 a	38 a
	CNPGL F06-3	52 a	42 ab	36 a	44 a
	Gramafante	38 ab	42 ab	39 a	40 a
Planossolo Háplico	Bag 02	36 ab	41 b	39 a	38 ab
	Roxo	30 b	35 ab	22 a	30 b
	Cameroon	37 ab	47 a	44 a	42 a
CV %		20	18	18	21

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

Média ponderada do N acumulado total na biomassa e a respectiva contribuição da FBN.

Em relação aos teores de fibra (FDA), segundo Mckendry et al., (2002), todos os genótipos apresentaram valores adequados para uso energético, e corroboram com Quesada et al (2004) que obteve valores bem próximos aos obtidos nesse estudo (Tabela 4).

Incrementos nos teores de FDA também foram discutidos por Mistura (2001), em plantas mais desenvolvidas de capim-elefante, com fatores climáticos mais favoráveis em relação a este estudo. Valores semelhantes foram encontrados por Savioli et al (2000), que compararam valores de FDA entre forrageiras e encontraram teores de 42% para o capim Napier, sendo esse valor maior que nas demais forrageiras (Brizanta, Pangola, etc.), ficando abaixo apenas do Colômbio, com 44% de FDA. Esses resultados comprovam que o manejo realizado no presente estudo, com cortes a cada 7 e 8 meses para 1ª e 2ª colheita respectivamente, propiciou as plantas de capim-elefante acumularem elevados teores de celulose e lignina, sendo inversamente proporcional aos teores de proteína bruta.

Em relação à celulose, o componente de maior valor dentro da FDA, os valores que correspondem à média da planta inteira (Colmo + folhas) variaram entre 22,9% (Roxo) e 33,9% (Bag 02). Lemus et al., (2002) estudando características de *Panicum virgatum*, uma gramínea muito estudada na Europa como fonte energética, apresentaram teores de celulose em média de 37%. Quesada (2005) estudando diferentes genótipos de capim-elefante, entre eles Bag 02, Cameroon e Gramafante, encontrou teores de celulose mais elevados, em torno de 40%.

Para lignina, componente mais rico em carbono, e por isso de maior importância para o uso energético, os valores variaram de 9,7% (Cameroon) a 13,7% (Gramafante), sendo observada diferença estatística significativa entre Cameroon e Bag 02 quando cultivados no Argissolo. Segundo Quesada (2005), esses percentuais são mais baixos que os de algumas plantas utilizadas para o mesmo fim, como Eucalipto, por exemplo, mas quando inserida a produtividade e a quantidade de cortes por ano no contexto, o capim-elefante leva grande vantagem, pois o Eucalipto leva sete anos para ser cortado, e o capim-elefante, neste longo ciclo, pode ser cortado até 14 vezes (2 cortes por ano), superando substancialmente o Eucalipto em produtividade e compensando um menor percentual de lignina. Estes resultados relacionados ao potencial de associação a bactérias fixadoras de nitrogênio, indicam a viabilidade do uso destes genótipos como fonte alternativa de energia. Além disso, Mazzarella (2001) comentam que a aplicabilidade da biomassa produzida por esta espécie é ampla, seja na forma de carvão, queima direta ou para produzir eletricidade. Mckendry et al (2002). afirma que materiais com teores próximos de 45% de fibras e 10% lignina, já podem ser testados e/ou utilizados para fins energéticos com segurança. No que diz respeito às cinzas, componente indesejável no carvão vegetal se for empregado na composição do ferro gusa — mas de pouca importância quando a biomassa é empregada para outros usos energéticos — os valores estiveram em níveis normais para gramíneas e não sofreram influência dos solos em estudo. Poderia-se dizer que os valores desse estudo, que não ultrapassaram 3,3%, podem ser considerados baixos, refletindo possivelmente a pobreza dos solos em nutrientes. Esses valores confirmam os obtidos por Quesada et al. (2004).

Tabela 4. Relação C/N, Relação talo/folha, teores de fibra em detergente ácido (FDA), celulose, lignina e cinzas, na biomassa de cinco genótipos de capim-elefante, cultivados em dois tipos de solos, em Seropédica, RJ. (Média dos três ciclos).

Solo	Genótipo	Relação			Teores (%)		
		C/N	T/F	FDA	Celulose	Lignina	Cinzas
Argissolo Vermelho Amarelo	CNPGL F 06-3	98 ab	2,0 a	43,6 a	28,4 a	12 ab	1,9 a
	Gramafante	118 a	2,5 a	42,8 a	27,3 a	11,8 ab	2,4 a
	Bag 02	90 b	1,9 a	51,4 a	33,9 a	13,5 a	2,2 a
	Roxo	87 b	1,6 a	37,7 a	22,9 a	12,6 ab	2,2 a
	Cameron	84 b	1,8 a	42,8 a	28,7 a	9,7 b	3 a
Planossolo Háptico	CNPGL F 06-3	107 b	2,2 a	40,3 a	27,4 ab	12,5 a	3 a
	Gramafante	121a	2,8 a	41,9 a	28 ab	13,7 a	2,8 a
	Bag 02	82 c	2,3 a	41,0 a	29,6 a	12,6 a	2,5 a
	Roxo	75 c	1,1 b	41,4 a	26,1 ab	12,6 a	2,5 a
	Cameron	73 c	2,1 a	41,6 a	26,8 b	13,3 a	3,3 a
Média		93,3	2,0	42,4	27,9	12,4	2,57
CV%		21,3	20,4	29,3	16,2	14,1	13,2

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

Desta forma, além de possuir características morfológicas e químicas compatíveis para uso energético, todos os genótipos em estudo apresentaram bom potencial produtivo de biomassa seca, chegando a ultrapassar outras espécies usadas com tal finalidade.

Conclusões

Para as condições da região da Mata Atlântica, no estado do Rio de Janeiro, os genótipos Cameron, CNPGL F 06-3 e Bag 02 apresentaram bons resultados de produção e qualidade de biomassa visando o uso como fonte renovável de energia. Isto é reforçado pela adaptação às condições de baixa fertilidade do solo, e por apresentarem alta contribuição da fixação biológica de nitrogênio, podendo suprir até 50% das necessidades de N da cultura. Os genótipos estudados não diferem muito nas suas características de qualidade da biomassa, visto que os teores de lignina e celulose foram elevados e semelhantes.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, A. C.; FONSECA D. M.; LOPES, R. S.; JÚNIOR, D. N.; CECON, P. R.; QUEIROZ, D. S.; PEREIRA, D. H.; REIS, S. T. Análise de crescimento do capim-elefante 'napier' adubado e irrigado. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 415-423, 2005.

BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Quantificação da fixação biológica de nitrogênio associada a plantas utilizando o isótopo ¹⁵N. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Eds.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994 542p. p 471-494.

CAMPOS, F. B.; LANNA, D. P. D.; BOSE, M. L. V.; BOIN, C.; SARMENTO, P. Degradabilidade do capim elefante em diferentes estágios de maturidade avaliada pelo método *in vitro*/gás, **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 217-225, 2002.

LEMUS, R.; BRUMMER, E. C.; MOORE, K. J.; MOLSTAD. N. E.; BURRAS, C. L.; BARKER, M. F. Biomass yield and quality of 20 switchgrass populations in southern Iowa, USA: **Biomass and Bioenergy**, v. 23, p. 433-442, 2002.

MAZZARELLA, V. **Capim Elefante**: Capim elefante produz energia. Instituto de pesquisas tecnológicas, <<http://www.ipt.br>>. Acesso em 15 jul. 2008.

McKENDRY, P. Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. **Bioresource technology**. 2002; 83:37-46.

MISTURA, C.; FAGUNDES, J. L.; FONSECA, L. M.; MOREIRA, C. L. M.; JÚNIOR, D. M.; JÚNIOR, J. R. 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.

QUEIROZ FILHO, J. L., SILVA, D. S., NASCIMENTO, I. S. Produção de matéria seca de cultivares e qualidade de cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v 27, n.2, p. 262-66, 1998.

QUEIROZ FILHO, J. L. de; SILVA, D. S. da; NASCIMENTO, I. S. do. Dry matter production and quality of elephantgrass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo at different cutting ages. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 29, n. 1, 2000.

QUESADA D. M. Parâmetros quantitativos e qualitativos da biomassa de genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com potencial para uso energético, na forma de carvão vegetal. Seropédica, 2005. 65 f. Tese. (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

QUESADA, D. M.; GAGO, J.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; REIS, V. M. Relação C:N e análise de fibras em genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) estudados para produção de energia renovável. In. REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRICAÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIAO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPOSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIAO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages, SC. FertBio 2004: avaliação das conquistas: bases para estratégias futuras. Lages: [s. n.], 2004.

SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R.; SOKHANSANJ, S.; QUESADA, D.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; HO LEM, C. The potential of c4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 24, n. 1, p. 35, 2005.

SAVIOLI, N. M. de F.; FUKUSHIMA, R. S.; LIMA, C. G.; GOMIDE, C. A. Rendimento e comportamento espectrofotométrico da lignina extraída de preparações de parede celular, fibra em detergente neutro ou fibra em detergente ácido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 988-996, 2000.

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- 18, p. 2173-2180, 1990.

Embrapa

Agrobiologia

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

