

## Evaluation of elephant grass for energy use

Ewerthon Mattos Paterlini<sup>1,\*</sup>, Marina Donária Chaves Arantes<sup>2</sup>, Fabrício Gomes Gonçalves<sup>2</sup>, Graziela Baptista Vidaurre<sup>2</sup>, Maristela de Oliveira Bauer<sup>3</sup>, Jordão Cabral Moulin<sup>1</sup>

### ABSTRACT

*The high demand for fossil fuels, and the emission of greenhouse gases by the use of these fuels, make new studies are conducted in order to replace them with alternative sources of energy. Therefore, this study aimed to examine the feasibility of using elephant grass as an energy source, which is widely used in animal feed. After 40 days of your planting, the Napier grass samples were collected and analyzed for their main characteristics, and the relationship these stem / leaf, extractives content, lignin content, elemental constitution and ash content. The elephant grass has good properties for its energy use by low ash in stems, high extractives content in leaves, high levels of carbon and hydrogen and high relations stem / leaf, C / N and C / H.*

**Key-words:** elephant grass, renewable energy sources, clean energy, energy assessment.

## Avaliação do capim elefante para uso energético

### RESUMO

A grande demanda por combustíveis fósseis, e a emissão de gases de efeito estufa pela utilização desses combustíveis, fazem com que novos estudos sejam realizados a fim de substituí-los por fontes alternativas de energia. Por isso, este trabalho teve por objetivo analisar a viabilidade de utilização do capim elefante como fonte energética, sendo este muito utilizado na alimentação animal. Após 40 dias de seu plantio, as amostras de capim elefante foram colhidas e analisadas quanto às suas principais características, sendo essas a relação talo/folha, teor de extrativos, teor de lignina, constituição elementar e o teor de cinzas. O capim elefante possui boas propriedades para seu uso energético pelo baixo teor de cinzas nos talos, alto teor de extrativos nas folhas, altos teores de carbono e hidrogênio e altas relações talo/folha, C/N e C/H.

**Palavras-chave:** capim elefante, fontes renováveis, energia limpa, avaliação energética.

\* Autor para correspondência

<sup>1,\*</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Governador Lindemberg, nº 316, Centro, CEP 29550-000 Jerônimo Monteiro, ES. \*ewerthon.eim@gmail.com, jordao\_cm@hotmail.com.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Governador Lindemberg, nº 316, Centro, CEP 29550-000 Jerônimo Monteiro, ES. mdonariac@hotmail.com, fabricio.goncalves@ufes.br, graziela@cca.ufes.br.

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/nº, Caixa Postal 16, Guararema, CEP 29500-000 Alegre, ES. bauerermo@terra.com.br.

## INTRODUÇÃO

A matriz energética mundial, que durante anos restringiu-se ao petróleo e seus derivados, vêm observando um crescimento do número de pesquisas com a finalidade de desenvolver novas fontes energéticas que possam vir a substituir os combustíveis fósseis na geração de energia elétrica, principalmente após os choques no preço do petróleo na década de 70 e a divulgação de dados sobre o agravamento do aquecimento global por meio da grande taxa de emissão de gases de efeito estufa (Rosillo-Calle et al., 2005).

A energia de biomassa é aquela fornecida por materiais de origem vegetal renovável ou obtida pela decomposição de resíduos, sendo resultado da energia solar armazenada por meio do metabolismo das plantas pelo processo de fotossíntese. Os dados do balanço energético nacional brasileiro demonstram que cerca de 30% da oferta interna total de energia primária provem dos recursos da biomassa, encontrando-se próximos da oferta interna total de petróleo e derivados, que representam 36,7% (Brasil, 2011).

Os programas de produção de energia por meio da utilização de gramíneas perenes não são novidade, mas foram intensificados a partir dos anos 80, tendo, em seu início, a principal finalidade energética a combustão direta destas gramíneas em fornos, em substituição à lenha e ao carvão, muitas vezes passando por uma etapa de adensamento e estruturação em pellets, cubos ou briquetes (Flores, 2009).

Inúmeras espécies estiveram em destaque em pesquisas de produção energética de diversos países. O 'switch grass' (*Panicum virgatum*) e omiscanto (*Miscanthussp.*) foram considerados espécies promissoras para produção de biomassa, principalmente na América do Norte e em regiões frias do Leste europeu (Mustafá e Aksoy, 2005; Adler et al., 2006).

Uma espécie de rápido crescimento que vem proporcionando alto potencial para utilização não apenas como fonte alternativa de energia, mas também para a obtenção de carvão vegetal usado na produção industrial de ferro gusa é o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), que é amplamente utilizado na alimentação de animais como forragem, o que faz com que o estudo para sua viabilidade energética e seus aspectos econômicos seja praticamente inexistente (Morais, 2008). Originário da África tropical, o capim elefante foi descoberto no ano de 1905 pelo coronel Napier e, posteriormente, foi difundido

por todo o continente africano, sendo introduzido no Brasil em 1920, vindo de Cuba, e, posteriormente, foi difundido nas cinco regiões brasileiras (Rodrigues et al., 2001).

Gramínea perene de alto potencial de produção, o capim elefante se adapta muito bem às condições de clima e solo de praticamente todo o Brasil, podendo ser considerada como uma das forrageiras mais difundidas no país. Possui crescimento cespitoso, atingindo de 3 a 5 metros de altura com colmos eretos dispostos em touceira aberta ou não, os quais são preenchidos por um parênquima suculento, chegando a 2 cm de diâmetro, com entrenós de até 20 cm. Suas folhas possuem inserções alternas, de coloração verde escura ou clara, chegando a alcançar 10 cm de largura e 110 cm de comprimento (Deresz e Mozzer, 1997; Deresz, 1999; Shimoya et al., 2002).

Segundo Mazzarella (2007), as vantagens comparativas do capim elefante para produção de biomassa em relação às demais fontes são uma maior produtividade, de 45 t MS/ha/ano, menor extensão de áreas para uma dada produção, menor ciclo produtivo (dois cortes por ano), melhor fluxo de caixa, possibilidade de mecanização total, energia renovável e maior assimilação de carbono. Por não estar presente na dieta humana e de ser totalmente utilizável, o capim elefante acaba estando à frente de outras gramíneas utilizadas como fonte energética, principalmente em comparação à cana de açúcar. Além de ser utilizada para produção açucareira, a cana possui produtividade máxima de 40 t MS/ha/ano e gera o bagaço como resíduo.

O capim elefante também é empregado na recuperação de áreas degradadas por gerar uma grande quantidade de matéria orgânica a ser reciclada no solo, sendo a cultura desta gramínea citada nas discussões sobre o futuro do mercado de carbono como potencial de produzir energia limpa sequestrando o carbono atmosférico (Boddey et al., 2004).

Um parâmetro importante para viabilidade da produção de energia a partir de capim elefante é o teor de fibra, mais especificamente os teores dos componentes ricos em carbono e com elevado poder calorífico, como a celulose e a lignina, bem como alta relação carbono/nitrogênio (C/N) e alta produção de biomassa associada com a fixação biológica de nitrogênio (FBN), sendo estes teores frequentemente maiores nos colmos que nas folhas (Vilela e Cerize, 2011; Quesada et al., 2004).

O estudo da viabilidade da utilização do capim elefante como fonte energética ainda não possui a abrangência que outras culturas, como por exemplo, a cana de açúcar. Entretanto, alguns autores já evidenciam o potencial energético muito superior do capim elefante em comparação à cana, sendo que sua biomassa seca chega a gerar 25 unidades de energia para cada uma de origem fóssil consumida durante a sua produção, enquanto a cana, convertida em etanol, pode alcançar uma relação de apenas nove para uma (Flores, 2009).

De acordo com Samson et al. (2005), o balanço energético apenas para a etapa agrícola de produção do capim elefante é de cerca de 21,3:1, ou seja, para cada unidade de energia fóssil utilizada no processo produtivo foram obtidas 21,3 unidades de energia renovável, sendo esta condição válida se o material for utilizado in natura, diretamente para combustão.

Objetivou-se neste trabalho avaliar a utilização do capim elefante como biomassa para geração de energia. Especificamente, pretendeu-se verificar a relação talo/folha; quantificar os teores de extrativo e de lignina; verificar o teor de cinzas; e determinar os teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre (CHNS).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foi avaliado o genótipo de capim elefante Cameroon, previamente selecionado por ser um dos mais promissores para uso como fonte de energia alternativa.

Após 40 dias do plantio do capim, foram cortadas as linhas centrais de cada uma das 15 parcelas, de 2 m x 3m em um total de 225 m<sup>2</sup>, sendo que a biomassa das parcelas foi pesada fresca, com separação de talos e folhas. Em seguida, foram retiradas subamostras para secagem em estufa até estabilização da massa a fim de determinar a fração de matéria seca.

A relação talo/folha foi obtida da divisão do total de colmos produzidos nas amostras recolhidas pelo total de folhas contidas em cada amostra, de acordo com metodologia descrita por Morais (2008). Para a determinação da umidade foram utilizados dois gramas de material para cada amostra, em seguida foram conduzidas à estufa à temperatura de 103°C ± 2, até massa constante. Após este período foi determinada a umidade dos materiais.

A análise química do capim elefante foi realizada de acordo com a normativa ABTCP M/68 (1968) e Norma Tappi T204-05-76 (1998) para

quantificação dos teores de extrativos, de lignina e, por diferença, de holoceluloses. Para quantificar os teores de extrativos, o capim coletado foi seco e posteriormente triturado utilizando o material que passou pela peneira de 40 mesh e que ficou retido na peneira de 60 mesh, sendo utilizados 2 g secos desse material para as amostras de folha, de talo e composta (folhas e talos). Primeiramente, a extração foi realizada em álcool tolueno por cinco horas e, em seguida, as mesmas amostras foram submetidas à extração em álcool por quatro horas e, finalmente, realizada a extração em água quente durante uma hora, para retirada dos extrativos. Após essas extrações, a amostra foi pesada para obtenção do teor de extrativo.

Removido os extrativos, pesou-se 0,3 g de amostra para a quantificação do teor de lignina. Nessas amostras foram adicionadas 3 mL de ácido sulfúrico 72% e mantidas em banho-maria a 30°C ± 0,2 por uma hora. Após esse período, as amostras foram diluídas em água destilada e colocadas em um frasco fechado hermeticamente, com tampa de borracha e lacre de alumínio, sendo levadas para uma autoclave com água a 118°C durante uma hora. Depois de retiradas da autoclave, as amostras foram filtradas em um cadinho de vidro sinterizado com uma camada de óxido de alumínio e depois alocadas na estufa à temperatura de 103°C ± 2, até massa constante, para posterior pesagem. O material que passou pela camada de óxido de alumínio foi diluído em água destilada e levada para análise em um espectrofotômetro.

A quantificação do teor de cinzas foi efetuada seguindo a ABTCP M 11/77 (1977), a qual consistiu na utilização de cinco gramas secos de cada amostra, que foram depositadas em cadinhos de porcelana com tampa e conduzidas à mufla a 575°C por aproximadamente seis horas. Estando as amostras carbonizadas, as tampas foram retiradas e os cadinhos continuaram na mufla até que fosse alcançada a queima total das amostras, certificando, assim pela presença exclusiva de cinzas.

A composição elementar do capim elefante foi determinada por um analisador elementar no Laboratório de Energia da Biomassa da Universidade Federal de Lavras/MG, obtendo, assim, os valores para a concentração de carbono, hidrogênio, nitrogênio, enxofre e oxigênio, conforme metodologia proposta por Santana (2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação talo/folha encontrada para cada uma das parcelas do experimento foi de 1,91. Não ocorreu uma tendência ao aumento da relação talo/folha entre parcelas, o que não era esperado, dado que não houve nenhuma diferença nas parcelas quanto ao plantio, à condução do mesmo e às condições

ambientais a que as amostras estavam expostas. Por meio de análise dessa média, podemos inferir que o capim elefante é formado por 65% de talos. Na Tabela 1 estão os valores médios de relação talo/folha de diferentes pesquisadores.

**Tabela 1.** Relações talo/folha médios de diferentes pesquisadores em diferentes idades de corte.

Autor	Genótipo	Média	Idade de corte
Flores (2009)	Paraíso	4,70	180 dias
Flores (2009)	Roxo	4,00	180 dias
Bhering et al. (2008)	Roxo	1,12	45 dias
Morais (2008)	Cameroon	1,99	210 dias
Queiroz Filho et al. (2000)	Roxo	2,90	40 dias
Neste experimento	Cameroon	1,91	40 dias

Por meio da análise da Tabela 1, pode-se constatar que o experimento obteve uma excelente relação talo/folha em relação às médias encontradas por outros pesquisadores, dado que a colheita do mesmo foi efetuada 40 dias após o plantio.

Queiroz Filho et al. (2000) e Bhering et al. (2008) estudaram a influência da época de corte e obtiveram uma resposta linear positiva para relação talo/folha em função da idade de corte. Este último autor afirmou que a relação talo/folha é influenciada por fatores genéticos e ambientais. Os resultados são importantes

quando se deseja produzir o capim elefante para fins energéticos, dado que é desejável uma maior relação talo/folha, ser este um parâmetro indicativo da qualidade do material produzido, pois é no talo que se encontram os maiores teores de proteínas, que são altamente desejáveis à produção de energia.

Os teores de extrativos, lignina solúvel, lignina insolúvel, lignina total, holoceluloses e cinzas para cada uma das amostras estudadas podem ser observados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Teores médios de extrativos, lignina solúvel, lignina insolúvel, lignina total, holoceluloses e cinzas, em percentagem (%), para cada amostra.

Amostra	Extrativos	Lignina Solúvel	Lignina Insolúvel	Lignina Total	Holoceluloses	Cinzas
Talo	0,00 a	5,63 c	19,41 a	25,04 b	68,81 a	6,15 c
Composta	20,48 b	6,90 b	18,39 a	25,29 b	67,38 b	7,33 b
Folha	23,85 c	10,15 a	16,27 b	26,42 a	64,81 c	8,77 a

Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p = 0,01$ ).

Observa-se na Tabela 2, que o teor de extrativos está relacionado com as folhas do capim elefante, dado que a amostra de talo não obteve significativa presença de extrativos. Deschamps & Ramos (2002) obtiveram para uma amostra composta de capim elefante o valor de 20,4%, valor este próximo ao encontrado para a mesma amostra neste experimento. A presença de teores de extrativos elevados é uma característica

vantajosa para produção de energia dado que estes componentes possuem elevado poder calorífico (Guo et al., 2010; Telmo e Lousada, 2011).

A lignina solúvel diferiu estatisticamente para as três amostras, sendo a amostra de folha a que obteve o maior valor, de 10,15%. Seye (2003), encontrou para amostras compostas da espécie *Pennisetum purpureum* Schum teores médios de lignina solúvel de 1,5%, de lignina insolúvel de

26% e de lignina total de 27,5%, valores estes que se encontram distantes do encontrado neste trabalho. De acordo com Quesada (2004), o potencial energético da biomassa, inclusive do capim elefante, está relacionado ao seu teor de carbono que é principalmente contido na lignina. Observando a Tabela 2 verificar-se que as amostras de talo obtiveram maior teor de holoceluloses, de 68,81%, em comparação às amostras composta e de folha, de 67,38% e de 64,81%, respectivamente. Os teores de cinzas demonstram uma maior percentagem de cinzas nas amostras de folha, de 8,77%, em comparação às amostras de talo, de 6,16%, tendo a amostra composta um valor intermediário de 7,33%. Flores (2009) obteve média de 6,9 % de cinzas para amostra de talo e 9,2 % de cinzas para

amostra de folha da espécie *Pennisetum purpureum* Schum, sendo estes valores bem próximos do encontrado neste experimento. Seye et al. (2000) obtiveram uma média para o teor de cinzas de 11,34% para a espécie *Pennisetum purpureum* Schum, sendo considerado pelos autores um valor inconveniente na utilização energética do capim. De acordo com Seye (2003), um material que possua um teor de cinzas baixo melhora o balanço térmico, reduz a oclusão e a perda de carbono no resíduo, além de reduzir problemas operacionais devido à sintetização. Na Tabela 3 estão dispostas as médias dos teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre (CHNS) para cada amostra, além das relações C/N e C/H.

**Tabela 3.** Teores médios da análise elementar e das relações C/N e C/H para cada amostra.

Amostra	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)	C/N	C/H
Talo	46,08 a**	5,87 a**	0,65 b**	0,01 b*	47,41 b**	71,53 a*	7,85 a**
Composta	46,39 a**	5,87 a**	0,61 b**	0,00 b*	47,13 b**	77,03 a*	7,90 a**
Folha	41,60 b**	5,42 b**	1,43 a**	0,05 a*	51,51 a**	29,23 b*	7,67 b**

Médias seguidas por uma mesma letra em cada coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (\*\* p = 0,01 e \* p = 0,05).

Observando a Tabela 3 é possível verificar que todos os elementos da composição elementar das amostras de talo e composta diferiram estatisticamente das amostras de folha. Seye (2003), estudando a espécie *Pennisetum purpureum* Schum, encontrou uma composição elementar média para uma amostra de capim elefante um teor de carbono de 41,2%, um teor de hidrogênio de 5,6%, um teor de nitrogênio de 1,8% e um teor de oxigênio de 51,4%, resultados próximos à amostra de folha deste estudo.

Morais et al. (2009), obtiveram uma relação C/N para o genótipo Cameroon de 73,4% para a amostra composta, valor próximo ao deste estudo. Já Morais (2008) obteve uma relação C/N média de 84,90% para amostra composta do genótipo Cameroon, valor superior ao encontrado neste estudo. De acordo com o mesmo autor, uma relação C/N alta é um parâmetro desejável para produção energética, dado que normalmente essa relação se refere a um material mais fibroso e lignificado. Já relação C/H obteve valores desejáveis para uso como fonte energética, uma vez que quanto maior a relação de carbono e hidrogênio, mais energético será o material.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se verificar que a relação talo/folha obtido no experimento está em um valor desejável para sua utilização em fins energéticos.

O teor de extrativos foi maior nas folhas em comparação aos talos e as relações C/N e C/H foram maiores nos talos em comparação às folhas. Para ambos os casos, valores elevados são os mais desejáveis para finalidades energéticas.

No geral, o capim elefante estudado possui boas propriedades para a sua utilização energética, principalmente pela sua alta relação talo/folha, alto teor de extrativos nas folhas, baixo teor de cinzas nos talos, altas relações C/N e C/H nos talões e altos teores de C e H.

Deve-se ressaltar que existem poucos estudos para a produção de biomassa energética a partir do capim elefante, entretanto, o mesmo possui grande potencial e possui diversas características que propiciam sua utilização para tais fins, como a alta produtividade e os baixos ciclos.

**REFERÊNCIAS**

- ADLER, P. R.; SANDERSON, M. A.; BOATENG, A. A.; WEIMER, P. J.; JUNG, H. G. Biomass yield and biofuel quality of switchgrass harvested in fall or spring. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 6, p. 1518–1525, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Normas técnicas**. São Paulo, 1968.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Normas técnicas**. São Paulo, 1977.
- BHERING, M.; CABRAL, L. S.; ABREU, J. G.; SOUZA, A. L.; ZERVOUDAKIS, J. T.; RODRIGUES, R. S. 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.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço energético nacional 2011: Ano base 2010**. Brasília: MME. P. 266, 2001.
- BODDEY, R. M.; ALVEZ, B. Jr.; URQUIAGA, S. S. **Redução das emissões do gás carbônico através da produção de bioenergia utilizando capim elefante**. Folder da EMBRAPA Agrobiologia. Seropédica, p. 2, 2004.
- DERESZ, F. **Capim-elefante manejado em sistema rotativo para produção de leite e carne**. In: Passos LP, Martins CE, Bressan M, Pereira AV, editor. *Biologia e manejo do capim-elefante*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p.131-160, 1999.
- DERESZ, F. e MOZZER, O. L. Produção de leite em pastagem de capim-elefante. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; CARVALHO, L. A. **Capim-elefante: produção e utilização**. 2. Ed. Brasília: Embrapa, SPI; Juiz de Fora: Embrapa, CNPGL, p. 189-219, 1997.
- DESCHAMPS, F. C. e RAMOS, L. P. Método para determinação de ácidos fenólicos na parede celular de forragens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p.1634-1639, 2002.
- FLORES, R. A. **Produção de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação Nitrogenada e idade de corte**. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.
- GUO, X.; WANG, S.; WANG, K.; LIU, Q.; LUO, Z. Influence of extractives on mechanism of biomass pyrolysis. **Journal of fuel Chemistry and Technology**, v. 38, n. 1, p.42-46, 2010.
- MAZZARELLA, V. N. G. Capim elefante como fonte de energia no Brasil: realidade atual e expectativas. **Workshop Madeira Energética**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/down\\_loads/eventos/0945VicenteMazzarela%20IPT.ppt](http://www.inee.org.br/down_loads/eventos/0945VicenteMazzarela%20IPT.ppt)>. Acesso em: 23 mai. 2011.
- MORAIS, R. F. **Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio em cinco genótipos de capim elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum), para uso como fonte alternativa de energia**. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.
- MORAIS, R. F.; ZANETTI, J. B.; PACHECO, B. M.; JANTÁLIA, C. P.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. Jr. Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p.1103-1107, 2009.
- MUSTAFÁ, A. e AKSOY, A. S. The cultivation and energy balance of *Miscanthus giganteus* production in Turkey. **Biomass and Bioenergy**, v. 29, n. 1, p. 42-48, 2007.
- QUEIROZ FILHO J. L.; SILVA, D. V.; 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. M.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. Parâmetros qualitativos de genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) estudados para a produção de energia através da biomassa. **Circular Técnica Embrapa**. Seropédica: Embrapa, p. 4, 2004.

- 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. Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 17., 2001, Piracicaba. 2 Ed. Anais. Piracicaba: FEALQ, p. 203-224, 2001.
- ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: Editora da UNICAMP; 2005.
- SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R. M.; SOKHANSAN, J. S.; QUESADA D. M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; LEM, C. H. The potential of C4 perennial grasses for developing a global bioheatindustry. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 24, n. 5-6, p.461-495, 2005.
- SANTANA, W. M. **Efeito da idade e da classe diamétrica nas propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla***. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
- SEYE, O. **Análise de ciclo de vida aplicada ao processo produtivo de cerâmica estrutural tendo como insumo energético capim elefante (*PennisetumPurpureum*Schaum)**. 167f. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas; 2003.
- SEYE, O.; CORTEZ, L. A. B.; GOMEZ, E. O. Estudo cinético da biomassa a partir de resultados termogravimétricos. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000022000000200022&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022000000200022&lng=en&nrm=abn)>. Acesso em: 09 dez. 2012.
- SHIMOYA, A.; PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Repetibilidade de características forrageiras do capim-elefante. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 2, p.227-234, 2002.
- Tappi Technical Division sand Committees. **TAPPI Test Methods**, Atlanta: Tappis Press, 1998.
- TELMO, C. e LOUSADA, J. The explained variation by lignin and extractive content son high reheating value of wood. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 5, p.1663-1667, 2011.
- VILELA, H. e CERIZE, D. **Capim elefante Paraíso na geração de energia**. Disponível em: <[http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos\\_capim\\_elefante\\_paraíso\\_geracao\\_energia.htm](http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_capim_elefante_paraíso_geracao_energia.htm)>. Acesso em: 25 abr. 2011.

Recebido: 08/10/2012

Received: 11/08/2012

Aprovado: 02/02/2013

Approved: 02/02/2013