

GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE SORGO BIOMASSA E CAPIM ELEFANTE COM ADIÇÃO DE ÓLEOS RESIDUAIS

Wyllian Winckler Sartori¹; André Luiz da Silva²; Flávio Dessaune Tardin³; Vanessa Quitete Ribeiro da Silva⁴; Crislene Vieira dos Santos⁵; Gheorges Willians Rotta⁶; Wilton Soares Cardoso⁷, Marina Moura Morales⁸.

¹Graduando em Licenciatura em Ciências Naturais e Matemática – Química, Universidade Federal de Mato Grosso, wyllianws@hotmail.com; ²Graduado em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, als_engagricol@yahoo.com; ³Pesquisador A; Núcleo de Recursos Genéticos e Obtenção de Cultivares; Embrapa Milho e Sorgo, flavio.tardin@embrapa.br; ⁴Dra. Pesquisadora, Embrapa Agrossilvipastoril, vanessa.quitete@embrapa.br; ⁵Graduanda em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São João del-Rei, cris-vieira15@hotmail.com; ⁶Gerente de Sustentabilidade, Fiagril Ltda, gheorges.rotta@fiagril.com.br; ⁷ Professor IFES - Campus Venda Nova do Imigrante, wilton.cardoso@ifes.edu.br; ⁸Pesquisadora, centro nacional de pesquisas florestais - Embrapa Florestas, marina.morales@embrapa.br.

RESUMO - O mundo busca fontes alternativas de energia, bem como aproveitamento de resíduos industriais considerados poluentes. Este trabalho avaliou a utilização da massa seca da parte aérea de sorgo biomassa e de capim elefante na forma *in natura* e acrescidas de óleos residuais (glicerina e bio-óleo) para geração de energia. Para tanto, foi implantado um experimento no delineamento inteiramente ao acaso com três repetições, composto por 10 tratamentos: sorgo biomassa, capim elefante e as misturas destas biomassas com duas concentrações de bio-óleo e duas de glicerina. Foi avaliada a umidade, voláteis, cinzas, carbono fixo e poder calorífico superior (PCS). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As características avaliadas demonstraram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos. A adição dos óleos residuais elevou a umidade das amostras *in natura* de sorgo e capim. Para os voláteis, alterações dos valores, em relação às biomassas *in natura*, só ocorreram para tratamentos com adição de glicerina. Resultado contrário foi observado para as cinzas, onde apenas os tratamentos com bio-óleo variaram em relação às biomassas *in natura*. Para a característica carbono fixo, formaram-se cinco grupos de médias entre os tratamentos. Quanto ao PCS, apenas a adição de bio-óleo, independentemente da concentração, promoveu elevação de, aproximadamente, $1000 \text{ kcal kg}^{-1}$ na biomassa, atingindo valor médio de $4907 \text{ kcal kg}^{-1}$. As biomassas de capim elefante e sorgo apresentaram potencial para uso energético com adição de bio-óleo mais atrativos que a glicerina para geração de energia.

PALAVRAS-CHAVE: *Sorghum bicolor*. *Pennisetum purpureum*. Glicerina e Bio-óleo.

ABSTRACT - The world seeks alternative energy sources and utilization of industrial waste considered pollutants. This study evaluated the use of the dry mass of shoots of sorghum biomass and elephant grass *in natura*, and increased residual oils (glycerin and bio-oil) for power generation. Therefore, an experiment was implemented in a completely randomized design with three replications, consisting of 10 treatments: sorghum biomass, elephant grass and mixtures of these biomasses with two concentrations of bio-oil and two glycerol concentrations. moisture, volatile, ash, fixed carbon and gross calorific value (PCS) were evaluated. The data were submitted to analysis of variance and treatment means were grouped by the Scott-Knott test ($P < 0.05$). The characteristics evaluated showed significant differences ($P < 0.05$) between treatments. The addition of waste oil increased moisture from fresh samples of sorghum and grass. For volatile, changes of values in relation to the biomass *in natura* only occurred for treatments with added glycerin. Contrary result was observed for the ashes, where only the treatments with bio-oil ranged in relation to biomass *in natura*. Five groups of treatment means were formed to feature fixed carbon. As for the PCS only the addition of bio-oil, irrespective of concentration promoted an increase of about 700 kcal kg^{-1} biomass, reaching a mean value of $4907 \text{ kcal kg}^{-1}$. The biomasses of elephant grass and sorghum showed potential

for energy use and the addition of bio-oils in these biomasses shown to be more attractive than glycerin for thermal power generation.

KEY WORDS: *Sorghum bicolor*. *Pennisetum purpureum*. Glycerin and Bio-oil.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, aproximadamente, 41,2% da energia interna é proveniente de fontes renováveis, dos quais 29,8% correspondem à energia da biomassa (EPE, 2016).

A crescente preocupação em aumentar o uso de energia oriunda de fontes renováveis, deve levar em consideração resíduos de várias origens para fins energéticos, visto o caráter sustentável da reutilização e disposição final adequada (Protásio et al., 2011). Além disso, plantas com alta produção de biomassa como capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e sorgo biomassa [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] também surgem como alternativas para este papel.

A adição de ligantes residuais como bio-óleo (fração líquida residual do processo de carbonização) e/ou glicerina (fração residual da produção de biodiesel), neste processo é uma alternativa para aumentar o teor energético.

O uso da biomassa como fonte de energia tem aspecto ambiental favorável já que a emissão de CO₂ na queima da biomassa geralmente é compensada pela absorção no plantio de nova biomassa (INGHAM, 1999).

Brito et al. (1978) indicaram o poder calorífico, o teor de umidade, a densidade e a análise imediata como as propriedades mais importantes de espécies vegetais para utilização como combustível.

Desta forma, objetivou-se avaliar o comportamento energético do sorgo biomassa e do capim elefante com e sem adição de óleos residuais, oferecendo possíveis alternativas na geração mais sustentável de energia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de capim elefante e sorgo biomassa foram produzidas no campo experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop/MT, onde foram secas, até peso constante, a 60°C e posteriormente trituradas em moinho com peneira de 1 mm.

O bio-óleo (BO) foi obtido na empresa ML da Silveira, localizada no município de Sinop, MT. Foram carbonizados resíduos de serraria da espécie madeireira Cambará (*Qualea* sp.) em forno do tipo “rabo quente”, com temperatura média de 500°C e tempo médio de residência de 72 horas. A amostra de bio-óleo foi coletada, após a separação gravimétrica da fração aquosa. A glicerina residual do processo de produção de biodiesel, foi obtida na empresa Fiagril Ltda localizada em Lucas do Rio Verde, MT.

As amostras de capim elefante, sorgo biomassa e misturas destas biomassas com óleos residuais – bio-óleo (BO) e glicerina (GI) – foram submetidas à análise de Poder Calorífico Superior, em calorímetro Parr 6400 e à análise imediata (carbono fixo, voláteis e cinzas) por análise gravimétrica em mufla. Todas as análises respeitaram as NBRs vigentes. Para o preparo das amostras teses, foram pesados quatro gramas das biomassas vegetais (sorgo biomassa e capim elefante) para todas as repetições, os óleos residuais (BO e GI) foram adicionados separadamente em três doses: 0%, 27% (1,5 g de óleo em 4 g de amostra vegetal) e 33% (2 g

do óleo em 4 g de amostra vegetal). O BO, por ser muito viscoso à temperatura ambiente, foi adicionado à 100°C e a GI à temperatura ambiente, revolvendo até obter mistura homogênea. O delineamento experimental usado foi inteiramente ao acaso, com dez tratamentos e três repetições, totalizando 30 amostras.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias das diferentes características foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Tais análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância (Tabela 1) demonstraram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos. Isto mostra a possibilidade de seleção daqueles com atributos superiores para fins energéticos. Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios das características avaliadas dos diferentes tratamentos e seus coeficientes de variação (CV). A umidade variou de 3,56 a 11,70 %, os voláteis de 73,92 a 80,51 %, as cinzas de 4,52 a 5,42 %, o carbono fixo de 14,13 a 21,56 % e o poder calorífico superior de 3.329,33 a 5.281,60 kcal kg⁻¹.

TABELA 1: Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e quadrados médios de diferentes características^{2/}

FV ^{2/}	QUADRADO MÉDIO (QM) ^{1/}					
	GL	UM	VOL	CIN	Cf	PCS
TRAT	9	22,27*	20,84*	0,35**	25,31*	1.024.257,70*
ERRO	20	0,30	0,68	0,02	0,55	173.036,93
TOTAL	29					
MÉDIA		8,17	77,04	5,05	17,91	4315,43
CV(%)		6,69	1,07	2,95	4,15	9,64

^{1/**}, * significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

^{2/}UM = umidade, VOL = voláteis, CIN = cinzas, Cf = carbono fixo, PCS = poder calorífico superior

Observaram-se a formação de cinco grupos de médias para umidade, sendo que as adições dos óleos residuais elevaram a umidade das amostras *in natura* de sorgo biomassa e capim elefante, visto a umidade que cada um naturalmente contém (TABELA 2).

Os voláteis aumentaram com adição de GI para ambas as biomassas, comportamento esperado por se tratar de um óleo leve. O comportamento inverso é observado para o Cf, visto que os teores de Cf e voláteis são inversamente proporcionais. Combustíveis com maior teor de Cf têm maior tempo de residência no processo de queima, ou seja, queimam mais lentamente (TABELA 2).

O bio-óleo quando comparado com a glicerina mostrou-se mais atrativo na mistura com sorgo biomassa e capim elefante para geração de energia, tanto pelo teor de Cf quanto para os valores significativamente maiores de poder calorífico superior após sua adição (TABELA 2).

TABELA 2. Média de diferentes características mensuradas por meio de análise imediata, e calorimétrica em amostras de biomassa de capim elefante e sorgo biomassa acrescidas ou não de glicerina e bio-óleo em duas diferentes concentrações.

FV ^{2/}	CARACTERÍSTICAS ^{1/}				
	UMIDADE	VOLÁTEIS	CINZAS	CFIXO	PCS
S1,5GL	8,30 b	78,80 c	5,30 b	15,89 B	4032,27 a
S2,0GL	7,92 b	80,44 c	5,42 b	14,13 A	3914,69 a
S	3,56 a	74,76 a	5,17 b	20,07 D	4235,07 a
S1,5BO	9,10 c	74,81 a	4,76 a	20,43 D	4833,27 b
S2,0BO	11,54 e	73,92 a	4,52 a	21,56 E	4829,89 b
CE1,5GL	7,89 b	80,17 c	5,24 b	14,58 A	3831,63 a
CE2,0GL	7,96 b	80,51 c	5,32 b	14,17 A	3329,33 a
CE	3,94 a	76,10 a	5,36 b	18,53 C	4183,28 a
CE1,5BO	9,84 d	75,24 a	4,61 a	20,14 D	4683,25 b
CE2,0BO	11,70 e	75,63 a	4,79 a	19,58 C	5281,60 b
Média	8,17	77,04	5,05	17,91	4315,43
CV(%)	6,69	1,07	2,95	4,15	9,64

^{1/}CFIXO = carbono fixo; PCS = pode calorífico superior,

^{2/} Tratamentos: S1,5G = sorgo biomassa mais 1,5 g de glicerina; S2GL = sorgo biomassa mais 2,0 g de glicerina; S = sorgo biomassa sem acréscimo de ligantes; S1,5BO = sorgo biomassa mais 1,5 g de bio-óleo; S2BO = sorgo biomassa mais 2,0 g de bio-óleo; CE1,5GL = capim elefante mais 1,5 g de glicerina; CE2GL = capim elefante mais 2,0 g de glicerina; CE = capim elefante sem acréscimo de ligantes; CE1,5BO = capim elefante mais 1,5 g de bio-óleo; CE2BO = capim elefante mais 2,0 g de bio-óleo. Valores seguidos de mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo de médias pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

As cinzas são indesejáveis no processo de produção de energia uma vez que aumentam os resíduos das fornalhas, além de serem corrosivas. Assim, o bio-óleo tornou-se ainda mais atrativo no processo de queima quando comparada à adição de glicerina e às biomassas *in natura*, apresentando valores significativamente menores.

As adições de bio-óleo, independentemente da concentração e do tipo de biomassa, elevaram-se consideravelmente, alcançando valores próximos a 700 kcal kg⁻¹ de biomassa vegetal, os valores do PCS das amostras, atingiram valores médios de 4907 kcal kg⁻¹, (Tabela 2). Esses valores são próximos à biomassa de eucalipto que, segundo Schuck et al. (2014), tem PCS de 4600 kcal kg⁻¹, demonstrando, o valor energético potencial da biomassa de capim elefante e de sorgo acrescidas de bio-óleo.

O uso destes óleos residuais em conjunto com biomassa de baixa densidade, como é o caso do sorgo biomassa e do capim elefante, mostraram-se atrativas para uso energético. Com base nos resultados aqui obtidos, sugere-se estudos futuros destes óleos como ligantes no processo de densificação destas biomassas (formação de briquetes ou peletes) podendo torná-las ainda mais atrativas na geração de energia de forma sustentável.

Vale a ressaltar que, conforme estudo realizado por Urtado et al. (2014) o bio-óleo apresenta potencial para uso energético, entretanto para uso em caldeiras e turbinas modificadas, visto a alta densidade e corrosividade.

4 CONCLUSÕES

As biomassas de capim elefante e sorgo apresentaram potencial para uso energético na forma *in natura*, com PCS próximos a biomassas convencionalmente usadas na geração de energia.

As misturas das biomassas, capim elefante e sorgo biomassa, com glicerina e bio-óleo mostram potencial energético, sendo as misturas com bio-óleo mais atrativas energeticamente.

A adição destes óleos residuais é interessante por se tratarem de resíduos com alto passivo ambiental e por agregar valor energético em biomassas de baixa densidade, sendo interessante a realização de estudos futuros destes óleos como ligantes na densificação destes tipos de biomassas.

5 AGRADECIMENTOS

A Embrapa, a FAPEMAT e a FIAGRIL Ltda pelos recursos financeiros aportados a realização dessa pesquisa e ao CNPq pela concessão de bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora ao terceiro autor desta obra.

REFERÊNCIAS

BRITO, O.J.; FERREIRA, M.; BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: II. Densidade Básica da madeira x Densidade Aparente do carvão - Perspectivas de melhoramento. **Boletim Informativo**, Piracicaba, v. 6, n. 16, p.1-9, 1978.

EPE – Empresa de pesquisa energética. **Balço energético nacional 2010**: ano base 2009. Rio de Janeiro, 2010, 276 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf>. Acesso em 27 de junho de 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

INGHAM, J. M. Biomassa no mundo e no Brasil. In: **Fontes não-convencionais de energia**: as tecnologias solar, eólica e de biomassa. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 1999. 160 p.

PROTÁSIO, T. P.; ALVES, I.C.N.; TRUGILHO, P.F.; SILVA, V.O.; BALIZA, A.E.R. Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n.68, p. 273-283, 2011.

SCHUCK, D. A; TARDIN, F. D; SCHANFRANSKI, N. O; DIEL, F. A; MORALES, M. M; SILVA, V. Q. R. da; PARELLA, R. A. C; SILVA, A. F. da. Productive behavior of biomass sorghum hybrids (*Sorghum bicolor*) for energy production in Sinop - MT. In: Genetics and Plant Breeding Meeting of Rio de Janeiro, 2014, Campos Goytacazes. **Abstracts...** [S.I]: SBMP: UENF, 2014. p. 57.

URTADO, A.; SARTORI, W. W.; MORALES, M. M.; TONINI, H. Caracterização do bio-óleo como fonte energética. In: Jornada Científica da Embrapa Agrossilvipastoril, 4., 2015, Sinop, **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2015.

Recebido para publicação: 10 de agosto de 2016

Aprovado: 19 de novembro de 2016