

## Geração de energia a partir de Sorgo Biomassa e Capim Elefante com adição de Óleos Residuais

Wyllian Winckler Sartori<sup>(1)</sup>; André Luiz da Silva<sup>(2)</sup>; Flávio Dessaune Tardin<sup>(3)</sup>; Vanessa Quitete Ribeiro da Silva<sup>(4)</sup>; Crislene Vieira dos Santos<sup>(5)</sup>; Gheorges Willians Rotta<sup>(6)</sup>; Marina Moura Morales<sup>(7)</sup>.

<sup>(1)</sup> Graduando em Licenciatura em Ciências Naturais e Matemática - Química; Universidade Federal de Mato Grosso; Sinop, MT; wyllianws@hotmail.com <sup>(2)</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso; <sup>(3)</sup> Pesquisador A; Núcleo de Recursos Genéticos e Obtenção de Cultivares; Embrapa Milho e Sorgo; <sup>(4)</sup> Dra. Pesquisadora, Embrapa Agrossilvipastoril; <sup>(5)</sup> Graduanda em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São João del-Rei; <sup>(6)</sup> Gerente de Sustentabilidade, Fiagril Ltda; <sup>(7)</sup> Pesquisador A; Nucleo de desafio para o desenvolvimento regional Embrapa Florestas.

**RESUMO:** O mundo busca fontes alternativas de energia, bem como aproveitamento de resíduos industriais considerados poluentes. Este trabalho avaliou a utilização de sorgo biomassa e capim elefante, e óleos residuais (glicerina e bio-óleo) para geração de energia. Para tanto, foi implantado um experimento no delineamento inteiramente casualizado com três repetições, composto por 10 tratamentos: sorgo biomassa, capim elefante e as misturas destas com duas concentrações de bio-óleo e duas concentrações 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 tratamentos. Quanto ao PCS, apenas a adição de bio-óleo, independentemente da concentração, promoveu uma elevação de aproximadamente 1000 Kcal kg<sup>-1</sup> na biomassa, atingindo valor médio de 4907 Kcal Kg<sup>-1</sup>. As biomassas de capim elefante e sorgo apresentaram potencial para uso energético e a adição de bio-óleos nessas biomassas demonstrou ser mais atrativa que a glicerina para geração de energia térmica.

**Termos de indexação:** *Sorghum bicolor*, *Pennisetum purpureum*, Glicerina e Bio-óleo.

## INTRODUÇÃO

Segundo dados do Balanço Energético Nacional de 2010, aproximadamente 47% da energia interna do Brasil são provenientes de fontes renováveis, dos quais 30% correspondem à energia proveniente da biomassa (EPE, 2016).

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

O uso da biomassa como fonte de energia tem aspecto ambiental favorável já que a emissão de CO<sub>2</sub> da queima da biomassa na atmosfera geralmente é compensada pela absorção no plantio da nova biomassa (INGHAM, 1999).

A adição de ligantes 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.

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.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas as biomassas de capim elefante e sorgo biomassa com e sem adição de dois óleos residuais, bio-óleo (BO) e glicerina (GI).

As amostras de capim elefante e sorgo biomassa foram produzidas no campo experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop/MT, onde foram secas em estufa por 72 horas a 60°C e posteriormente triturados 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 dos óleos residuais bio-óleo (BO) e glicerina (GI) foram submetidos a análise de Poder Calorífico Superior em calorímetro Parr 6400. A análise imediata (carbono fixo, voláteis e cinzas) foi realizada por análise gravimétrica em forno mufla. Todas as análises respeitaram as NBRs vigentes. Para o preparo das amostras testes, 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 ligante para 4 g de amostra vegetal) e 33% (2 g de ligante para 4 g de amostra vegetal), o BO foi adicionado as biomassas à 100°C e a GI à temperatura ambiente, revolvendo até obter uma mistura homogênea, num total de 30 amostras. O delineamento experimental usado foi inteiramente casualizado, com três repetições.

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 os recursos computacionais do programa SISVAR (Ferreira, 2011).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância (**Tabelas 1a e 1b**) demonstraram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos. Isto mostra a existência de variabilidade entre os tratamentos e a possibilidade de seleção daqueles com atributos superiores para fins energéticos. Nas Tabelas 2a e 2b estão apresentados os valores médios das características avaliadas dos diferentes tratamentos e os coeficientes de variação (CV) relacionados aos

mesmos. 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 variou de 3.329,33 a 5.281,60 Kcal Kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 1a** - Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e quadrados médios de diferentes características<sup>2/</sup> avaliadas em 10 tratamentos de espécies de sorgo biomassa e capim elefante.

FV	GL	CARACTERÍSTICAS <sup>2/</sup>		
		UM	VOL	CIN
TRAT	9	22,27*	20,84*	0,35**
ERRO	20	0,30	0,68	0,02
TOTAL	29			
MÉDIA		8,17	77,04	5,05
CV(%)		6,69	1,07	2,95

<sup>1/</sup> \*\* \* significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

<sup>2/</sup>UM = umidade, VOL = voláteis, CIN = cinzas.

**Tabela 1b** - Resumo da análise de variância com as fontes de variação (FV) e respectivos graus de liberdade (GL) e quadrados médios de diferentes características<sup>2/</sup> avaliadas em 10 tratamentos de espécies de sorgo biomassa e capim elefante.

FV	GL	CARACTERÍSTICAS <sup>2/</sup>	
		Cf	PCS
TRAT	9	25,31*	1.024.257,70*
ERRO	20	0,55	173.036,93
TOTAL	29		
MÉDIA		17,91	4315,43
CV(%)		4,15	9,64

<sup>1/</sup>\* significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste F.

<sup>2/</sup> Cf = carbono fixo, PCS = poder calorífico superior.

Observaram-se cinco grupos de médias para umidade, sendo que, a adição 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 2a).

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 2a**).

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 2b**).

As cinzas são indesejáveis no processo de produção de energia uma vez que aumentam os resíduos das fornalhas, além de serem corrosivas., tornando assim o bio-óleo ainda mais atrativo no processo de queima quando comparada a adição de glicerina e as biomassa *in natura*, apresentando valores significativamente menores.

**Tabela 2a** - Média de diferentes características obtidas em análise imediata e bomba calorimétrica.

TRAT <sup>2/</sup>	CARACTERISTICAS <sup>1/</sup>		
	UM	VOL	CIN
S1,5GL	8,30 b	78,80 b	5,30 b
S2GL	7,92 b	80,44 a	5,42 b
S	3,56 a	74,76 c	5,17 b
S1,5BO	9,10 c	74,81 c	4,76 a
S2,0BO	11,5 e	73,92 c	4,52 a
CE1,5GL	7,89 b	80,17 a	5,24 b
CE2,0GL	7,96 b	80,51 a	5,32 b
CE	3,94 a	76,10 c	5,36 b
CE1,5BO	9,84 d	75,24 c	4,61 a
CE2BO	11,7 e	75,63 c	4,79 a
Média	8,17	77,04	5,05
CV(%)	6,69	1,07	2,95

<sup>1/</sup> Características: UM = umidade, VOL = voláteis, CIN = cinzas.

<sup>2/</sup> Tratamentos codificação: 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).

Os valores PCS, como já mencionado aumentaram consideravelmente com a adição do bio-óleo, e um aumento de 1000 Kcal Kg<sup>-1</sup> na biomassa, atingindo valores médios de 4907 e 4443

Kcal Kg<sup>-1</sup>. valores próximos à biomassa de eucalipto que tem PCS de 4600 Kcal Kg<sup>-1</sup> (Schuck et al. 2014) mostrando o valor energético da biomassa aliado ao 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 isso sugerimos estudos futuros destes óleos como ligantes no processo de densificação destas biomassas, podendo torná-las ainda mais atrativas na geração de energia de forma sustentável.

**Tabela 2b** - Média de diferentes características obtidas em análise imediata e bomba calorimétrica.

TRAT <sup>2/</sup>	CARACTERISTICAS <sup>1/</sup>			
	Cf		PCS	
S1,5GL	15,89	b	4032,27	a
S2GL	14,13	a	3914,69	a
S	20,07	d	4235,07	a
S1,5BO	20,43	d	4833,27	b
S2,0BO	21,56	e	4829,89	b
CE1,5GL	14,58	a	3831,63	a
CE2,0GL	14,17	a	3329,33	a
CE	18,53	c	4183,28	a
CE1,5BO	20,14	d	4683,25	b
CE2BO	19,58	c	5281,60	b
Média	17,91		4315,43	
CV(%)	4,15		9,64	

<sup>1/</sup> Características: Cf = carbono fixo; PCS = poder calorífico superior.

<sup>2/</sup> Tratamentos codificação: 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).

Vale a ressalva 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.

### 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 mencionadas com glicerina e bio-óleo também mostram potencial energético, sendo o bio-óleo o mais atrativo entre eles.

A glicerina e o bio-óleo, futuramente devem ser testados como ligantes no processo de densificação da biomassa, podendo trazer maior valor agregado a estes materiais vegetais de baixa densidade.

### 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 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. Balanço 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](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf)>. Acesso em 27 de junho de 2016.

FERREIRA, DANIEL FURTADO. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, UFLA, 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.l.]: 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.



# XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,  
mercados e segurança alimentar"

---