

AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL E PANORAMA DA CANA ENERGIA NA CADEIA PRODUTIVA SUCROENERGÉTICA: CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIALIDADES

Fabio Sousa Guedes Silva¹, Gilceni Machado³; Fabio Cesar da Silva^{2,4}; Luis Fernando Sanglade Marchiori²; Alexandre de Castro⁴; Vanessa Fernanda da Silva³

¹Graduando em Tecnologia em Biocombustíveis pela Fatec de Piracicaba, guedesfabio2@gmail.com.

²Professor Doutor em Tecnologia em Biocombustíveis da Fatec de Piracicaba.

³Graduada em Tecnologia em Biocombustíveis pela Fatec de Piracicaba.

⁴Pesquisador Doutor da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas SP.

RESUMO

É recente a utilização de cana energia nas usinas, sendo poucas as que estão aderindo a essa tecnologia pela necessidade de entendimento das mudanças nos sistemas de produção e de seus coeficientes técnicos. Esse artigo objetivou estudar as variedades de cana energia Vignis 3 (tipo 1) e Vignis 1126 (tipo 2), fornecidas pela empresa Vignis, e comparadas com a variedade açucareira (convencional) RB 867515. Implantou-se experimento de campo em solo de baixa fertilidade com 18 parcelas de 5 ruas de 10 metros, em três locais, cada local representando em duplicata, para comparação em termos biométrico, composicional e energético. A cana energia tipo I apresentou teor médio de fibra de 15,1%, a tipo II 18,8%, enquanto a convencional 14,2%; em termos de ATR, as canas energias atingiram 80% e 67% da cana convencional, respectivamente. Na avaliação energética da unidade de fibra seca de cada material, uma das variedades de cana energia demonstrou grande potencial para combustão, sendo 17 e 8% superior à cana convencional, respectivamente em poder calorífico. A cana energia é uma opção agrícola que possui um perfil apropriado para suprir a necessidade do mercado energético, especialmente por permitir o cultivo em solos de baixa fertilidade e alta resiliência ambiental.

Palavras-chave: Poder calorífico, teor de fibras, açúcares totais recuperáveis.

1 INTRODUÇÃO

Há uma demanda crescente para a produção de energia elétrica em razão do aumento populacional e do desenvolvimento econômico, sendo também importante a segurança de um suprimento contínuo. No Brasil predomina a energia elétrica gerada em hidroelétricas, mas há o problema de flutuação na produção devido ao período de seca. Considerando que a energia termoelétrica utilizada para complementar a queda da produção das hidroelétricas é muito custosa, além de muito poluidora, surge como opção a energia renovável de biomassa. Por isso aumentou o interesse pelo bagaço, bem como, seu valor no mercado, impulsionando pesquisas relacionadas com o aumento do teor e qualidade energética da fibra dessa matéria-prima. A produção de energia elétrica pela cogeração a partir do bagaço e de recolhimento de palhada, vem se destacando, já que a energia produzida por meio de toda cana (biomassa integral) processada dentro da usina

é capaz de gerar energia necessária a todos os equipamentos da usina e ainda gerar excedente, que pode ser comercializado, gerando uma nova fonte de receita para a usina. O bagaço da cana é composto de 41 a 44% de celulose, de 20 a 22% de lignina, de 25 a 27% de hemicelulose e cerca de 10% são extrativos e substâncias minerais (MARABEZI, 2009). Desses, o que possui maior poder calorífico é a lignina (25.100KJ), sendo a celulose e a hemicelulose equivalentes (15.898KJ) (CARVALHO NETTO et al., 2014). Deve ser ressaltado, conforme Cortez, Lora e Ayarza (2008), que o aumento na produção de biomassa para produção de energia possa ser realizado sem comprometer a produção de alimentos. Além disso, Matsuoka et al. (2012) consideraram-se que é fundamental se priorizar a produção de plantas fibrosas em vez de amiláceas e oleaginosas em solos marginais de baixa fertilidade.

Para tanto, requer dos melhoramentos genéticos a disponibilização de uma variedade chamada de cana energia ou cana fibra que, ao contrário da cana convencional, que produz mais sacarose que fibra, possa atingir um maior rendimento energético por meio de seu alto teor de fibra. Deste modo, houve aumento do interesse do uso de variedades fibra, que geram um maior rendimento do bagaço em combustão na caldeira, fazendo-se necessário um aprofundamento sobre as características de desenvolvimento e potencial energético dessas variedades.

A cana energia possui uma maior produção por hectare, pois chega a ser superior a 180 toneladas, assim como, apresenta um balanço energético favorável. Também possui uma melhor longevidade, podendo ser feito a renovação na lavoura após dez anos, o dobro de tempo comparado à necessidade de renovação da cana-de-açúcar, que é de cinco anos.

A cana energia é uma planta de fácil adaptabilidade a solos com baixa fertilidade, que terá um custo de produção menor (NUNES JUNIOR, 2016). Essa matéria prima possui um menor percentual de sacarose em sua composição, segundo Souza (2016), agregando maior quantidade de fibra e matéria orgânica. Deste modo, Oliveira (2016) destaca que tratar-se de uma cana mais resistente às secas e com maior capacidade de absorção de nutrientes e desenvolvimento resulta em uma variedade menos exigente em relação à cana-de-açúcar sacarina.

Para que uma planta seja uma fonte de biomassa adequada para exploração energética, segundo vários autores (CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008; CARVALHO-NETTO et al., 2014; MATSUOKA et al., 2012 e 2014) são exigidos alguns requisitos: i) ser uma planta C4 (primeira carboxilação das C4, o íon HCO_3^- combina-se com

fosfoenolpiruvato - PEP - para formar oxaloacetato e fosfato inorgânico catalisada pela PEPcase, localizada no citosol das células do mesófilo); **ii)** rústicas com tolerância fitossanitária; **iii)** alta eficiência na transformação de energia solar em biomassa; **iv)** ser perenes com fornecimento de biomassa por longo período; **v)** dossel persistente no campo, permitindo colheita durante a maior parte do ano; **vi)** plantas que possuam técnicas de produção dominadas e possibilidade de produção em larga escala e; **vii)** colheitabilidade e utilização como fonte energética e exploração sustentável.

Tais variedades energéticas vêm sendo exploradas no Brasil recentemente. Há duas empresas de melhoramento genético (GRANBIO e VIGNIS) com variedades Vertex e Vignis (VG), que investem na produção de cana energia e confirmam que além de possuir o dobro do teor de fibra, ainda conta com uma maior longevidade, sendo possível realizar dez cortes em uma mesma lavoura, além de possuir menos exigência em relação ao solo e maior resistência a pragas e doenças. Nesse artigo as variedades em estudo foram a Vignis 3 (tipo 1 – VG 3) e Vignis 1126 (tipo 2 – VG 1126), fornecidas pela empresa Vignis, e comparadas com a variedade açucareira RB 867515. É recente a utilização das espécies de cana energia nas usinas, e são poucas as que estão aderindo a essa tecnologia pela necessidade de entendimento das mudanças nos sistemas de produção e de seus coeficientes técnicos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi implantado em experimento de campo em solo de baixa fertilidade com 18 parcelas de 5 ruas de 10 metros, em três locais, cada local representando em duplicata, para avaliação comparativa com cana planta de duas variedades de cana energia (Tipo 1 - Vignis 3 e tipo 2 - Vignis 1126) e com uma variedade convencional de cana-de-açúcar (RB 867515), em termos biométrico, composicional e energético.

Dentre os parâmetros para fins de comparação destas variedades, foram avaliadas também teor de fibra e açúcares totais recuperáveis (ATR) na usina Granelli. Foram mensurados no laboratório da empresa Bioagri: poder calorífico superior e inferior e composição nutricional (N, P, K, Ca, Mg, S).

Para fins de análise de potencialidade por projeções de produtividade de biomassa e da análise da cadeia produtiva da cana energia utilizaram-se dados de plantio comercial na região de Piracicaba – SP.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cana energia tipo I (Vignis 3) apresentou teor médio de fibra de 15,10%, a cana energia tipo II (Vignis 1126) com 18,78%, enquanto a cana convencional apresentou 14,16%; em termos de ATR¹, os valores das canas energias atingiram 80% e 67% da cana convencional, respectivamente. Quanto à avaliação energética da unidade de fibra seca de cada material, uma das variedades de cana energia demonstrou grande potencial para combustão, sendo 17 e 8% superior à cana convencional, respectivamente em poder calorífico - PCI e PCS².

Os biocombustíveis sólidos lignocelulósicos são compostos principalmente de celulose (40-50%), hemicelulose (15-25%) e lignina (25-35%), sendo os valores de PCS da celulose e da hemicelulose de 4100 kcal / kg e o da lignina de 6370 kcal / kg. Esses três componentes têm um conteúdo similar em hidrogênio (cerca de 6%), mas diferem em seu teor de carbono, sendo o de lignina da ordem de 70%, contra 45% da celulose e 40% da hemicelulose. Observa-se na Tabela 1 que a variedade RB 867515 obteve resultado adverso em relação às demais variedades de cana energia e superior ao resultado energético de PCI da literatura (eucalipto). Mais uma vez, isso só será possível superando os desafios no processamento e mecanização da cana energia e a entrega de uma gama de variedades projetadas especificamente por diferentes propósitos, ou seja, etanol de primeira (E1G) ou segunda geração (E2G), bioeletricidade e açúcares celulósicos para produção bioquímica.

Nas usinas o bagaço é muito utilizado para gerar energia necessária para atender a fabricação de açúcar e álcool, às vezes suplementado por palha recolhida do campo. Segundo Nogueira et al. (2005), o bagaço e palhada que já foram um problema para a usina, hoje são capazes de suprir toda a sua demanda energética, e em alguns casos pode gerar excedente de energia elétrica, que pode ser vendido a leilões acarretando em maior lucro e uma nova fonte de receita.

Tal cenário cria-se uma demanda por biomassa, seja pelo desenvolvimento sustentável da produção de E2G a partir de fibras ou pela cogeração da bioeletricidade.

-
- 1 ATR – açúcares totais recuperáveis, constituídos de sacarose e açúcares redutores, frutose e glicose (ISEJIMA et al., 2002)
 - 2 A energia de biomassas é caracterizada, geralmente por densidade, composição e poder calorífico, estes por sua vez são classificados em dois tipos: Poder Calorífico Superior (PCS) é o calor liberado tendo toda a água resultante na fase líquida e Poder Calorífico Inferior (PCI) é o calor liberado pela combustão estando toda a água resultante no estado gasoso (DA SILVA e DOS SANTOS MORAIS, 2008).

O bagaço deverá assumir importância ainda maior para sistema de produção, que é formado da fibra dessa matéria-prima gerada do cultivo em solos marginais.

Neste contexto, cresce o interesse das usinas no cultivo das variedades de cana energia, que devido ao seu alto poder calorífico se comparado com as variedades convencionais (Tabela 1), não apenas são mais eficientes na produção em balanço energético, como também contribuirão sobremaneira na produção de etanol, somando-se a produção de E1G como de E2G (MATSUOKA, 2017; MATSUOKA et al., 2012).

Tabela 1. Resultados das três variedades de cana energia (Vignis 03, Vignis 1126) e convencional (RB 857515) na colheita em poder calorífico, expresso em poder calorífico superior e Inferior (MJ. Kg⁻¹)

Variável	Unidades	Colheita do ensaio ¹			Referência	
		RB 857515	Vignis 03	Vignis 1126	Cana-de-açúcar ¹	Eucalipto ²
Poder Calorífico Inferior	MJ. Kg ⁻¹	16,16	17,52	18,67	17,9	16,14
Poder Calorífico Superior	MJ. Kg ⁻¹	17,46	17,71	19,43	19,1	18,95

Fonte: adaptado de ¹Cortez, Lora e Ayarza (2008), ²Oliveira et al. (2010).

Devido à produtividade de biomassa superior, a cana energia tem potencial para produzir muito mais açúcares não celulósicos por hectare do que as variedades convencionais de cana-de-açúcar. Nos dados da Tabela 2, observou-se que a cana Vignis 1126 (VG 1126) apresentou o melhor resultado em comparação com as demais variedades em termos energéticos.

Se assim for, especula-se que a cana energia pode substituir, no futuro próximo, uma parcela significativa das áreas de cana-de-açúcar atuais, mesmo aquelas destinadas à indústria de etanol de primeira geração. Contudo, Leal (2007), ressalta preocupações no processamento da cana energia, incluindo as condições de moagem e pré-tratamento, que ainda são um desafio para viabilizar a sua utilização em escala industrial.

Assim sendo, a cana energia pode impulsionar uma revolução na indústria sucroenergética, particularmente no Brasil, que possui a maior área dedicada à cultura. Isso se observa nas Tabelas 2 e 3, que a produtividade em termos de potencial energético da variedade VG 1126 e a extração de nutrientes, obtiveram um resultado satisfatório e esperado em comparação com as demais variedades RB 867515 e Vignis 03 (VG 03). Para que uma planta seja uma fonte de biomassa adequada para exploração energética (Tabela 2), segundo vários autores (CARVALHO-NETTO et al., 2014; MATSUOKA et al., 2012; CORTEZ; LORA; AYARZA, 2008) são necessários além da alta produtividade, atender outros requisitos, como rústicas (nº colmos m⁻¹) com resistência fitossanitária, e com alta eficiência na transformação de energia solar em biomassa em base seca (TCH); ter muitos cortes (perenes), para fornecimento de biomassa garantido;

dossel de longa duração, permitindo colheita ao ano; plantas que possuam técnicas de produção dominadas e possibilidade em larga escala; colheitabilidade e utilização como fonte energética e exploração sustentável (exportação de nutrientes).

Tabela 2. Resultados médios de toneladas de cana por hectare (TCH – t ha⁻¹), toneladas de fibra por hectare e potencial energético (GJ ha⁻¹) para as três áreas estudadas

Variedade	nº colmos m ⁻¹	Massa média dos colmos (kg)	TCH ¹	TFH	GJ ha ⁻¹
RB 867515	12,5	2,586	215,5	30,51	800,97
VG 3	23,33	1,454	226,2	34,16	1149,28
VG 1126	33,25	0,875	194,0	36,43	1260,45

¹Considerou-se que 1 hectare (ha) = 6666,67 m sulco.

Contudo, isso só será possível superando os desafios no processamento da biomassa e com o desenvolvimento de variedades projetadas especificamente para diferentes propósitos, como produção de E1G ou E2G, bioeletricidade, açúcares celulósicos para produção bioquímica, entre outros.

Tabela 3. Média de extração e exportação de nutrientes na colheita, nas diferentes cultivares (RB 857515, Vignis 03 – VG 03 - e Vignis 1126 – VG 1126), produtividades acima de 190 TCH

Variedade	----- Exportação -----			-- Referência --	----- Extração -----			-- Referência --	
	RB 867515	VG 03	VG 1126	Kg/TC ¹	RB 867515	VG 03	VG 1126	Kg/ha	Kg/ha
Parâmetro	Kg/TC ¹			colmos	Kg/ha			colmos	parte área
N	0,75	0,58	0,60	0,91	37,17	38,04	40,50	92	179
P	0,96	1,20	1,12	0,13	47,58	78,71	75,60	15	25
K	1,36	1,64	1,71	1,71	67,26	107,77	115,22	188	325
Ca	1,48	1,82	1,88	1,18	73,36	119,38	126,90	187	226
Mg	0,78	0,89	0,81	0,44	38,66	58,38	54,67	66	87
S	3,33	2,72	1,98	-	165,05	178,41	133,65	-	-

¹ toneladas de cana em matéria seca; Umidade: RB 867515 (77%, m/m); VG 03 (71%, m/m); VG 1126 (65,2%, m/m).

3.1. Análise potencial de matéria prima para produção de energia

Uma síntese das principais características potenciais para a cana energia ser adotado pelo produtor encontra-se na Tabela 4. Além da produtividade superior da cana energia, espera-se que o teor de fibras do colmo possa ser duas vezes maior no médio prazo, com um teor de açúcar no caldo 20 a 50% inferior do teor da cana-de-açúcar.

Espera-se também que a cana energia seja mais tolerante a pragas e doenças e que tenha um ciclo de melhoramento bem mais rápido que o da cana-de-açúcar. Quanto a permanência do canavial deixaria de serem seis anos para oito a doze.

Tabela 4. Características principais desejáveis nas cultivares de cana-energia

Característica	
1	Produz energia renovável que contribui para mitigar o efeito estufa.
2	Tem poder de alta conversão do C atmosférico em C orgânico, ou seja, possui alto potencial de produção de biomassa.
3	Poderá ser um dos principais cultivos na mudança de paradigma da civilização do petróleo para a nova de energia multifacetada, compreendendo fontes múltiplas de energias renováveis.
4	Tem alta densidade de energia, ou seja, é energética e economicamente uma matéria-prima mais eficiente do que aquela de plantas alimentícias.

- 5 Tem elevada resistência a estresses bióticos e abióticos, de forma que é possível produzir com menor input (menos fertilizantes, pesticidas e energia) além de em terras de menor valor agrônômico, i.e., menos férteis, de menor disponibilidade de água, de temperaturas mais extremas (tanto baixa como alta) e mais salinizadas.
- 6 Oferece menor competição com a produção de alimentos por consequência dos fatores acima, podendo explorar as extensas áreas de pastagens degradadas que temos no Brasil.
- 7 Tem poder de controle da erosão muito maior do que plantas herbáceas, fixa mais C no solo devido ao seu sistema radicular fasciculado e exuberante e, somado à sua característica de semi perenidade, oferece grande capacidade de recuperação de solos degradados, podendo promover o aumento no teor de matéria orgânica no solo.
- 8 Melhora a qualidade da água e do habitat para a fauna em comparação a outros cultivos, por consequência dos fatores acima.
- 9 O cultivo, o manejo e a colheita e transporte são procedimentos já dominados e devido a sua maior produtividade implicará em uma redução significativa nos custos de colheita e transporte.
- 10 É possível criar cultivares de alta produtividade para cada região geográfica por processo de melhoramento já dominado, sendo, relativamente, simples e rápido. Projeta-se um período de 4 a 6 anos para o desenvolvimento de uma nova cultivar de cana energia, metade do tempo gasto hoje para a obtenção de uma cultivar de cana-de-açúcar.
- 11 À semelhança da cana-de-açúcar, a colheita pode ser feita durante vários meses do ano e ainda, a fibra, após a extração do caldo, ou na forma natural no caso da cana energia com maior teor de fibras e baixo teor de açúcares no caldo, pode ser armazenada para prolongamento do período de uso.
- 12 Formas não produtoras de sementes podem ser produzidas para que a multiplicação seja vegetativa e, assim, evitar que se torne uma planta daninha. Dado o perfilhamento intenso a taxa de propagação pode chegar a 1:400 em um ano, com multiplicações semestrais na taxa de 20x. Número 16 vezes superior ao da cana-de-açúcar.
- 13 Além da produtividade superior da cana energia, espera-se que o teor de fibras do colmo possa ser duas vezes maior no médio prazo, com um teor de açúcar no caldo próximo a metade do teor da cana-de-açúcar.

Fonte: Adaptado por Jose Antonio Bressiani (GRANBIO), de Matsuoka et al., (2012) e Carvalho-Netto et al., (2014).

O desafio na cana energia (tipo 2) em canavial se atingir valores de produtividade acima de 250 TCH é na colheita, que necessita de máquinas de corte basal e a qualidade de açúcares residuais no caldo produzem um açúcar VHP com cor (ICUMSA) elevada e enriquecido com amido.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cana energia é uma opção agrícola que possui um perfil apropriado para suprir a necessidade do mercado energético, especialmente por permitir o cultivo em solos de baixa fertilidade e alta resiliência ambiental. O país possui uma base tecnológica bem desenvolvida em relação à cana-de-açúcar, assim como excelentes terras marginais para cultivo. Conforme os resultados deste estudo verificou-se que as variedades energéticas tipos 1 (Vignis 03) e 2 (Vignis 1126) obtiveram melhor crescimento e desenvolvimento que a variedade açucareira (RB867515), dentro das mesmas condições de solo e clima mais restritivas, e que os três diferentes solos marginais em que os cultivares foram plantados também pouco interferiram nesse desenvolvimento.

A partir da compilação dos dados, pode-se concluir que a cana energia é uma alternativa sustentável para a produção de energia elétrica limpa, devido a sua boa resposta em relação aos indicadores de rentabilidade energética, sendo uma ferramenta de suma importância no processo de cogeração para energia elétrica e/ou E2G.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO-NETTO, O. V. et al. The potential of the energy cane as the main biomass crop for the cellulosic industry. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 1, n. 1, p. 20, 2014.
- CORTEZ, L. A. B., LORA, E. E. S., AYARZA, J. A. C. (2008). Biomassa no Brasil e no mundo. In: CORTEZ, L. A. B., LORA, E. E. S., GOMEZ, E. O. (org.). **Biomassa para energia**. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP. 734 p.
- DA SILVA, M. B.; DOS SANTOS MORAIS, A. **Avaliação energética do bagaço de cana em diferentes níveis de umidade e graus de compactação**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, p. 1-11, 2008.
- ISEJIMA, E. M., COSTA, J. A. B.; SOUZA JUNIOR, D. I. Método de determinação de açúcares redutores aplicável no sistema de pagamento de cana-de-açúcar. **Pesq. agropec. bras.**, v. 37, n. 5, p. 729-734, 2002.
- LEAL, M. R. L.V. **The potential of sugarcane as an energy source**. Proc Int Soc Sugar Cane Technol. 2007, 26: 23-34.
- MATSUOKA, S.; BRESSIANI, J.; MACCHERONI, W.; FOUTO, I. Bioenergia de cana. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol, tecnologias e perspectivas**. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Os Editores, 2012. p. 547-577.
- MATSUOKA, S. 2017. **Free fiber level drives resilience and hybrid vigor in energy cane**. Journal of Scientific Achievements, 2: 1-35.
- MARABEZI, K. **Estudo sistemático das reações envolvidas na determinação dos teores de lignina e holocelulose em amostras de bagaço e palha de cana-de-açúcar**. Dissertação – (Mestrado em Ciências Físico-Química) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- NOGUEIRA, L. A. H.; NOGUEIRA, F. J. H.; ROCHA, C. R. **Eficiência energética no uso de vapor**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.
- NUNES JUNIOR, D. **Cana Energia um novo produto para o setor sucroenergético**. 2016. Disponível em: <<http://www.ideaonline.com.br/artigo/cana-energia-um-novo-produto-para-o-setor-sucroenergetico-por-dib-nunes-jr.html>>. Acesso em: 27 out. 2016.
- OLIVEIRA, A. Cana-energia e alta produtividade por hectare. **Produção de biodiesel**. 2016. Disponível em: <<http://www.producaodebiodiesel.com.br/mercado-de-combustiveis/cana-energia-e-alta-produtividade-por-hectare>>. Acesso em: 18 fev. 2016.
- OLIVEIRA, A. C. et al. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus pellita F. Muell. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.
- SOUZA, G. M. Genes-alvos para o melhoramento da cana-energia são identificados. **Alquimista**, p. jul. 2016. 5, 2016.