

**Gestão dos resíduos pós colheita da cana-de-açúcar no cerrado: uso da palhada versus contribuição econômica****Management of waste after harvesting sugarcane in the cerrado: use of strawing versus economic contribution**

DOI:10.34117/bjdv6n1-246

Recebimento dos originais: 30/11/2019

Aceitação para publicação: 23/01/2020

**Manoel Henrique Reis de Oliveira**

Mestre em Irrigação no Cerrado  
Instituto Federal Goiano-Campus Ceres  
E-mail: manoel.oliveiragro@gmail.com

**Antônio Evami Cavalcante Sousa**

Doutor em Engenharia Agrícola, Professor Orientador  
Instituto Federal Goiano-Campus Ceres  
E-mail: antonio.sousa@ifgoiano.edu.br

**Rafaela Santos de Oliveira**

Graduada em Agronomia  
Faculdade Evangélica de Goianésia  
E-mail: rafaela.oliveiragro@gmail.com

**Murilo Alceu Aguas**

Mestre em Irrigação no Cerrado  
Instituto Federal Goiano-Campus Ceres  
E-mail: murilo\_aguas@hotmail.com

**Eloisa Aparecida da Silva Ávila**

Mestre em Irrigação no Cerrado  
Instituto Federal Goiano-Campus Ceres  
E-mail: eloisa.avila@ifg.edu.br

**Welcio Rodrigues da Silva**

Mestre em Irrigação no Cerrado  
Instituto Federal Goiano-Campus Ceres  
E-mail: welcio\_rs@hotmail.com

**Debora Regina Marques Pereira**

Mestre em Agronomia pela UFG  
E-mail: deboragronomia@gmail.com

**Charlismilã Amorim do Couto**

Doutorando em Agronomia pela UFG  
Email: charliscouto@hotmail.com

**RESUMO**

Com a colheita da cana crua, sem o uso da queima, fica depositado ao solo uma grande quantidade de material vegetal, que agrega benefícios ao solo. Em contrapartida, há uma grande demanda pela

retirada parcial ou integral dessa palha devido seu grande potencial energético e calorífico, o que pode aumentar significativamente a produção da bioenergia e do etanol de segunda geração. Objetivou-se com este trabalho avaliar o custo de produção e o lucro líquido obtido através da produção de diferentes produtos originados pela industrialização da palhada da cana de açúcar. Analisando o potencial de geração de etanol de segunda geração, produção de bioenergia e avaliação do aporte nutricional quando deixada sob o solo. O potencial econômico pela produção de etanol, bioenergia e nutrientes foram avaliados pelos dados comparativos de 4 quantidades de palhada deixada sobre o solo no decorrer de uma safra correlacionando com tabelas de mineralização disponíveis na literatura e confrontando com o potencial de produzir E2G e bioenergia. Para este estudo, considerou-se as referências bibliográficas dos últimos anos, dados de pesquisa de entidades públicas e privadas. Para determinação das taxas de decomposição foram utilizadas quatro diferentes quantidades de palha (5,3, 8,0, 10,6 e 16 Mg ha<sup>-1</sup>). Observou-se ainda, que quando mantida, há uma economia em relação a aplicação de fertilizantes. Já quando utilizada para produção de E2G e de bioenergia, o retorno econômico é variável conforme a quantidade de palha retirada, porém para a cogeração de energia, hoje é mais vantajoso economicamente.

**Palavras-chave:** Energia renovável, etanol 2<sup>o</sup> geração, palhada, sustentabilidade, cogeração de energia.

#### **ABSTRACT**

With the harvest of raw cane, without the use of burning, a large amount of plant material is deposited in the soil, which adds benefits to the soil. On the other hand, there is a great demand for partial or integral removal of this straw due to its great energetic and calorific potential, which can significantly increase the production of bioenergy and second-generation ethanol. The objective of this work was to evaluate the cost of production and the net profit obtained through the production of different products originated by the industrialization of sugar cane straw. Analyzing the potential for generating second generation ethanol, producing bioenergy and assessing nutritional input when left under the ground. The economic potential for the production of ethanol, bioenergy and nutrients was evaluated by comparative data of 4 amounts of straw left on the soil during a harvest, correlating with mineralization tables available in the literature and confronting the potential to produce E2G and bioenergy. For this study, the bibliographic references of the last years were considered, research data from public and private entities. To determine the decomposition rates, four different amounts of straw were used (5.3, 8.0, 10.6 and 16 Mg ha<sup>-1</sup>). It was also observed that when maintained, there is an economy in relation to the application of fertilizers. When used for the production of E2G and bioenergy, the economic return is variable according to the amount of straw removed, but for energy cogeneration, today it is more economically advantageous.

**Key words:** Renewable energy, 2nd generation ethanol, straw, sustainability, energy cogeneration.

#### **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil é o maior produtor mundial da cultura da cana de açúcar e exportador de açúcar. Segundo a Conab (2017), estima-se que o Brasil produza 657,184 milhões de toneladas de cana-de-açúcar nesta safra em pouco mais de 9 milhões de hectares. O estado de Goiás tem 60 municípios com plantio de cana de açúcar e 28 municípios com usinas instaladas, tornando-se assim o 2<sup>o</sup> maior estado produtor do país. Com área plantada de 962,6 mil hectares correspondendo com 49,5% da área regional, e sua produção com 67.626,8 mil toneladas equivalente à 52,28% da produção do Centro-Oeste conforme CONAB (2017).

Goianésia é um dos principais municípios produtores, contribuindo para 30% da produção de açúcar e 10% da produção de etanol do estado (Xavier, 2010). Recentemente, em 2015 iniciou a produção de bioenergia a partir da palhada da cana de açúcar e vem sendo pioneira em Goiás com o grupo LAGE (FOLHA DA CANA, 2015).

Devido a inovação da utilização da palha de cana-de-açúcar como fonte de diversos subprodutos: Cogeração de energia, produção de etanol segunda geração, aporte nutricional ao solo e venda de créditos de carbono, tem como uma nova fonte de pesquisa solucionar alguns pontos que são emergentes deste tema.

Apesar dos vários benefícios existentes na manutenção da palhada ao solo conforme estudos realizados por Carvalho (2013) e Rossetto et al., (2008), concluíram que cada época do ano o canavial irá depender de quantidades diferentes de cobertura vegetal.

Alguns benefícios como proteção contra erosão, suprimentos nutritivos mineralizados de origem da palhada para o solo, redução da incidência solar direta ao solo, menor infestação de plantas invasoras, manutenção da umidade, menores diferenças térmicas no solo durante o dia e a noite, maior agregação das partículas de solo, aumento da atividade microbiológica, aumento da taxa de infiltração de água no solo, aumento pH e aporte produtivo principalmente nas épocas de secas prolongadas devido ao aumento da retenção hídrica e a porcentagem de matéria orgânica.

Há também uma grande demanda pela retirada parcial ou integral dessa palha devido seu grande potencial energético e calorífico que pode aumentar significativamente a produção de bioenergia e do etanol de segunda geração (LOMBARDI et al., 2012). O potencial energético e calorífico existente na palhada da cana-de-açúcar equivale 1/3 do potencial da cultura, com a possibilidade de produzir a partir dos componentes lignocelulósicos como celulose, hemi-celulose e lignina a geração do etanol celulósico.

Devido à grande utilização do etanol nos dias atuais, estudos realizados por Santos et al., (2012) e Nyko et al., (2013) mostram o grande potencial competitivo e de incremento produtivo na utilização da palha. Essa palha que a partir de tecnologias industriais como a hidrólise dos materiais lignocelulósicos podem gerar aproximadamente 240 litros de etanol celulósico por 1Mg há<sup>-1</sup> da palhada de cana. Todo aporte de material vegetal depositado ao solo após a colheita mecanizada sem a utilização da queima, como era realizada anteriormente poderão ser utilizadas para tal processo.

A produção de cana-de-açúcar gera uma grande quantidade de biomassa residual que pode ser utilizada na geração termoelétrica. Dados do CTC indicam que para cada tonelada de colmo de cana-de-açúcar gera aproximadamente 140 kg de fibra (bagaço) e 140 kg de folhas (palha) em base seca (Hassuani, 2005).

Sendo assim o presente estudo irá mensurar o real retorno econômico quando confrontado com qual destino deste subproduto, para visualizar qual o melhor cenário econômico para cada uma das possibilidades de produção, etanol de segunda geração (E2G), bioenergia ou aporte nutricional quando deixado sobre o solo. Assim, com este estudo tem por objetivo auxiliar, a gestão e tomada de decisão para o setor sucroenergético de como gerir esse subproduto de maneira mais eficiente, levando em consideração todos os fatores relacionados aos benefícios agrônômicos, ambientais, econômicos e sociais. Utilizando de revisão da literatura para contabilizar os custos, o experimento foi realizado para avaliar a quantidade de palha mantida sobre o solo e seus efeitos no decorrer de uma safra agrícola. Este artigo apresenta, baseado em premissas discutidas com diversas empresas especialistas, estimativas sobre o potencial de produção do E2G e bioenergia a partir da retirada da palhada da cana. E assim analisar o efeito na produção e economia do setor sucroenergético.

## **2 AVALIAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO NUTRICIONAL E ECONÔMICA DA MANUTENÇÃO DE PALHADA NO SOLO**

Estudos realizados por Urquiaga et al., (1991) mostraram que a mineralização da palhada promove retorno para o solo de 33 a 60 kg de N.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, além de cerca de 10 a 25 kg de S.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em uma produção de 10 a 20 toneladas de palhada.ha<sup>-1</sup>, aumentando significativamente a quantidade de Mg e K por contribuir para a redução de até 40% de Al<sup>3+</sup> colaborando assim para o aumento do pH do solo.

As quantidades de reciclagem no ciclo de um ano foram de 85% de K o que corresponde a 56kg de K/ha<sup>-1</sup>, 44kg para Ca e 39kg de Mg, sendo que a mineralização é diretamente influenciada pela temperatura e umidade. Mesmo nos meses de maior temperatura e disponibilidade hídrica (setembro a março) observaram que a cada 10 °C a decomposição tem sua taxa praticamente dobrada em relação aos outros meses (OLIVEIRA et al., 1999b).

A contribuição de nutrientes com a mineralização da palha da cana de açúcar mesmo sendo lenta gera quantidades significativas para a nutrição do solo, sendo que as quantidades dos macros nutrientes são disponibilizadas na seguinte proporção 28% de N, 70% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100% de K<sub>2</sub>O, 66% de Ca, 59% de Mg e S com 41%, com as quantidades de nutrientes variando proporcionalmente com a quantidade palhada deixada sobre o solo (OLIVEIRA et al., 1999b; LOMBARDI et al., 2012).

A mineralização das diferentes quantidades de palha variando entre 4 Mg. ha<sup>-1</sup> a 20 Mg. ha<sup>-1</sup> deixados sobre o solo já foram avaliados em outros estudos (Aquino e Medina, 2012; Dietrich, 2014) que observaram decomposição proporcional a quantidade de palha aportada ao solo.

Assim, a decisão pela retirada ou não da palha, ou ainda a definição da quantidade de palha a ser deixada no campo, deve passar antes pela compreensão dos processos relacionados com a

interação da palha com o solo, cultura e fatores ambientais, como temperatura, aeração e umidade (YAMAGUCHI et al., 2013).

Pode-se observar que com a retirada da palhada da cana-de-açúcar deixa-se de devolver para o solo grandes quantidades de nutrientes. Dentre os nutrientes, o Nitrogênio é o que apresenta maiores contribuições, seguido pelo Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre e Fósforo. As exigências nutricionais são supridas parcialmente em NPK de acordo com a recomendação de Penatti (2008), que recomenda N 100 kg.ha<sup>-1</sup>, P 30kg.ha<sup>-1</sup> e K 130 kg.ha<sup>-1</sup>, assim respectivamente mesmo quando deixado a menor quantidade de palha sobre o solo pode ter uma contribuição respectivamente em retorno nutricional 9,54% de N, 21,35% de P e 36,9% de K, podendo economizar 50% do custo da aplicação da adubação manutenção da cultura.

De acordo com Rossetto et al., (2010), a extração dos macros nutrientes pela cana de açúcar pode atingir entre 50 a 120 kg para N, 4 a 30 kg de P, 53 a 256kg de K, 13 a 49 kg de Ca, 19 a 51 kg para Mg e entre 15 a 69 kg no caso do S. Tendo em vista as doses recomendadas e aplicadas na região (em média de 600kg.ha<sup>-1</sup>), o custo de aplicação praticada estima se em R\$ 720,00 (DE OLIVEIRA, et al., 2019).

Caso a palhada seja mantida no solo, pode-se reduzir o custo de produção da cana-de-açúcar pois, estes nutrientes auxiliam na adubação corretiva da cultura, devolvendo para o solo nutrientes que haviam sido extraídos no desenvolvimento das plantas.

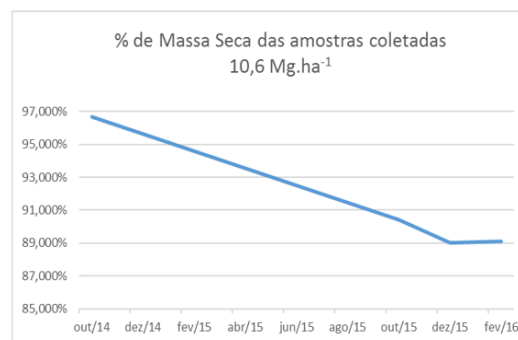


Figura 1-Taxa de decomposição da Palhada de Cana-de-açúcar quando deixados sobre o solo 10,6 Mg ha<sup>-1</sup> em Goianésia-GO.

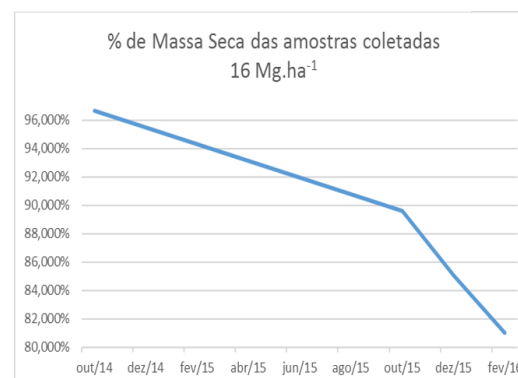


Figura 2-Taxa de decomposição da Palhada de Cana-de-açúcar quando deixados sobre o solo 16 Mg ha<sup>-1</sup> em Goianésia.

DE Oliveira et al. (2019). Observou-se tendência de decréscimo nos teores de massa seca das amostras, o que corrobora com a evidência de decomposição da palhada em campo em função do tempo de permanência sobre o solo, independentemente da quantidade de palhada mantida.

### **3 A PRODUÇÃO DE ETANOL 2º GERAÇÃO A PARTIR DA PALHADA**

Devido a colheita mecanizada na produção de cana-de-açúcar, fica depositado sobre o solo um grande volume de matéria vegetal, que pode variar segundo dados do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) DE 10 a 30 Mg ha<sup>-1</sup>, assim como estudos vem sendo realizado por Santo (2012), há nesse material uma opção de sua utilização não apenas como aporte nutricional mas também como grande gerador de etanol de segunda geração, que é gerada a partir da quebra da celulose da palhada da cana, sendo assim muitos países, e empresas seguem nessa linha de pesquisa para que tenha um maior aproveitamento das áreas destinadas a produção sucroalcooleira.

Atualmente para cada 1 Mg.ha<sup>-1</sup> de cana a produção de 89 litros de etanol 1ª geração, quando se utiliza a biomassa da palha da cana de açúcar obtém valores conservadores de 240 litros a cada 1 Mg.ha<sup>-1</sup> de biomassa seca em curto prazo, 300 litros a médio prazo e 350 litros a longo prazo (MILANEZ et al., 2015).

Após um longo período de desenvolvimento tecnológico em nível mundial, o etanol celulósico ou de segunda geração (E2G) atingiu o estágio de plantas comerciais (MILANEZ et al., 2015).

Seja pela questão global, seja questão econômica, ou pela importância em reduzir a dependência externa de energia. O etanol obtido do caldo da cana-de-açúcar, que já apresenta indicadores ambientais muito positivos quando comparado a outras opções, representa uma alternativa viável na substituição de combustíveis fósseis é, produzido pela forma convencional até o momento é o único combustível com capacidade de atender à crescente demanda mundial por energia renovável de baixo custo e de baixo poder poluente. Deve se considerar as emissões gasosas Segundo Santos (2012) com a queima do etanol são da ordem de 60% menores se comparadas às emissões da queima da gasolina, sendo ainda que o CO<sub>2</sub> emitido é reabsorvido pela própria cana.

A produtividade média de cana-de-açúcar no Brasil é de 73,72 Mg ha<sup>-1</sup> Conab (2017), sendo que para cada tonelada de cana processada são gerados cerca de 280 kg de palha ( CRUZ, 2008), sendo assim seguindo os dados da Conab 2017 referente a produtividade, será gerado cerca de 20.641kg de palhada por hectare, corroborando com os estudos realizados por Filiage (2011), o qual demonstra que a quantidade de palha depositada sobre o solo é variável, principalmente devido a diferença das variedades de cana de açúcar.

Considerando os valores de produção demonstrados por Santos (2012), no qual cada tonelada de cana de açúcar produz aproximadamente 89 litros de etanol convencional por hectare,

conseguiríamos uma produção média de 6500 L ha<sup>-1</sup>, somando esse valor com a produção de etanol celulósico, considerando apenas 50% de palhada retirada, e a produção de 240 L Mg<sup>-1</sup>, aumentaria os valores para aproximadamente 9000 L ha<sup>-1</sup>, assim podemos demonstrar o incremento produtivo e consequentemente econômico com a produção de etanol celulósico ou de segunda geração.<sup>4</sup>

#### **4 BIOENERGIA**

Segundo (GOES, 2008) a expansão da cultura da cana-de-açúcar no País tem ocorrido em função da valorização do etanol, considerado o mais importante dos combustíveis alternativos, tanto do ponto de vista econômico como ambiental. O Brasil reúne as melhores condições em relação aos demais países em termos de tecnologia, disponibilidade de recursos naturais, clima e solo para o cultivo da cana, matéria-prima utilizada na fabricação de etanol e açúcar. Produzimos etanol pela metade do custo do que é obtido de milho nos Estados Unidos e um terço do mesmo produto de beterraba produzido na Europa.

A indústria brasileira elevado estágio de desenvolvimento tecnológico do setor sucroalcooleiro, associado a outros fatores de produção, classifica o Brasil na condição de maior produtor e exportador no mercado mundial de açúcar e a nossa vantagem comparativa na produção de etanol, aliada à necessidade imposta pelo mundo em termos de substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis limpos e o fortalecimento da demanda interna, põe o setor canavieiro em posição de liderança, especialmente, porque as exportações brasileiras para o mercado internacional de etanol deverão aumentar Goes (2008).

Além da importância na fabricação de etanol, a cana-de-açúcar passa a se destacar na condição de importante fonte energética, pelo grande potencial de produção de energia elétrica a partir do aproveitamento da biomassa. A bioenergia assume hoje um papel relevante na composição da matriz energética brasileira e a biomassa do setor sucroalcooleiro tem grande contribuição a oferecer, segundo Goes (2008).

O bagaço de cana tem um grande potencial como fonte renovável de energia, podendo ser utilizado não somente em caldeiras para geração de calor e eletricidade no processo industrial de fabricação de álcool e açúcar, mas também, na geração de excedentes de energia elétrica que podem ser comercializados. O aproveitamento da palha como recurso energético surge também como alternativa (NOVA CANA, 2017).

A capacidade instalada no Brasil para produção de eletricidade a partir da biomassa da cana-de-açúcar é de 2.822 MW, em mais de 250 usinas, representando aproximadamente 14% da capacidade termelétrica atual do País. No estado de São Paulo existem 146 usinas de cogeração em operação, com potência instalada total de 1.700MW, o que corresponde a 70% da cogeração no

Brasil. Parte dessa energia é utilizada para atender à necessidade das usinas e o resto é vendido no mercado (Goldemberg, 2008).

Estudos feitos pela EPE- Empresa de Pesquisa Energética, (EPE, 2017) e que estão contidos no Plano Decenal de Expansão, mostram que nos próximos anos o atendimento do mercado de energia no Brasil ainda será preponderantemente feito com energia hídrica, mas existe possibilidade crescente de utilização do bagaço de cana para complementar a demanda energética.

Conforme explicado por Silva et al (2016), há alguns anos vem sendo discutido o melhor aproveitamento do potencial econômico da biomassa da cana de açúcar, segundo Alcarde (2007) a extração do caldo da cana consiste no processo físico de separação da fibra (bagaço) tanto o bagaço de cana de açúcar como a biomassa que compõem a planta no campo (palhiço).

Segundo Castro (2009) palhiço ou palha: denominação genérica dos resíduos gerados na colheita, tais como ponteiros, folhas verdes e palhas propriamente ditas. Com esse advento da cogeração e a possibilidade de exportação de energia elétrica, além da competitividade do mercado, as usinas passaram a se preocupar com a eficiência das suas máquinas térmicas, já que nessa situação, além de atender a demanda térmica e eletromecânica, o excedente de energia pode ser comercializado.

Com o aumento de produção de cana de açúcar devido à expansão das áreas plantadas e às novas tecnologias empregadas e com a possibilidade de aproveitamento da palha através da colheita mecanizada, a cada dia que passa o potencial de geração de energia do setor sucroalcooleiro está em ascensão, assim o setor poderá atender todo o volume adicional de energia renovável. A utilização da palha da cana como outra fonte de energia excedente poderá resultar em um ganho adicional. A utilização de até 50% da palha como fonte de energia é benéfica e necessária para o setor agrícola descrito em estudos realizado por Silva (2016).

## **5 METODOLOGIA**

Foi realizada a pesquisa de mineração da palha de cana-de-açúcar, na GO 080, Bairro: Zona Rural, Cidade: Vila Propicio, CEP: 76393-000, com área de 255 hectares. O experimento está localizado nas coordenadas Latitude/Longitude 15°17'28.8"S 49°00'44.2"W e foi instalado em outubro de 2014, permanecendo neste local até fevereiro de 2016. Foi utilizada a metodologia das sacolas de decomposição, litter bags, no intuito de avaliar a dinâmica da decomposição da palhada em quatro quantidades sendo: 200 g, 400 g, 300 g, 600 g que correspondem respectivamente à 5,3 Mg ha<sup>-1</sup>, 10,6 Mg ha<sup>-1</sup>, 8 Mg ha<sup>-1</sup>, 16 Mg ha<sup>-1</sup>. O ensaio foi conduzido com palha recolhida após a colheita e colocado em sacos de litter bags conforme utilizadas por Vitti et al., (2008) com dimensão de 0,75m x 0,50m equivalentes a 0,375m<sup>2</sup> para avaliação da decomposição, e determinação da quantidade de palha a ser retirada.



A colheita foi realizada no dia 28 de outubro de 2014 ocasião em que foram distribuídos os tratamentos. As coletas foram realizadas nos meses outubro/2015, dezembro/2015 e fevereiro/2016. Sendo as idades das amostras de 12, 14 e 16 meses.

Após a retirada das amostras em campo, estas foram levadas ao laboratório de Solos e Nutrição Vegetal da Faculdade Evangélica de Goianésia, onde foram secas em estufa de ventilação forçada a  $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , por 72 horas, após secagem em estufas foram maceradas e colocadas em cadinhos individuais pesados em balança de precisão, avaliadas quanto aos teores de cinzas em estufa tipo mufla a  $700^{\circ}\text{C}$  por 2 horas (BENEDETTI 2013).

Estes dados foram utilizados para estabelecimento das taxas de decomposição realizados por época de retirada e quantidade de palha de cada amostra.

A partir desse experimento foi realizada revisão bibliográfica, para composição de tabelas de custos, custo de produção, custo de comercialização, quantidade de nutrientes deixados no solo quando a palhada é mantida sobre o solo, sua contribuição na economia, e o confronto do destino de produção da palhada levando em consideração a possibilidade de produção de bioenergia, etanol de segunda geração ou manter sobre o solo como já vem sendo realizado há alguns anos, desde do início da colheita mecanizada.

Na Tabela 1, mensurou-se o custo (R\$ ha<sup>-1</sup>) e a quantidade dos nutrientes que deixaram de ser fornecidos pela decomposição da palhada e que precisariam de serem repostos via aplicação tradicional no solo.

Tabela 1- Conversão do custo dos nutrientes deixados pela palhada e o aporte nutricional da palhada ao solo

Nutrientes (Palha)	Conversão	Teor Nutriente g Kg <sup>-1</sup>	Contribuição nutricional em Kg ha <sup>-1</sup>		Custo (R\$ ha <sup>-1</sup> )	
			10,6 Mg ha <sup>-1</sup>	16 Mg ha <sup>-1</sup>	10,6 Mg ha <sup>-1</sup>	16Mg ha <sup>-1</sup>
N	1,68	0,9	9,54	14,4	16,02	24,19
P	2,08	0,6	6,4	9,6	13,30	19,96
K	1,71	4,5	47,97	72,0	82,02	123,12
Ca	1,4	3,1	33,04	49,6	46,25	69,44
Mg	1,66	1,2	12,79	19,2	21,23	31,87
S	5,9	0,9	9,59	14,4	56,58	84,96

Fonte: Adaptado de Vitti et al. (2008)

Na tabela 2, observa-se o custo de produção para cada quantidade de palha depositado sobre o solo e sua capacidade de produção de biomassa em E2G, cada quantidade demonstrada na tabela é referente a diversos estudos e pesquisas já realizados que afirmam que a produção de palha de cana

pode variar entre 10-30 toneladas de palha por hectare, e que de acordo com a umidade do material vegetal, as características edafoclimáticas da região de produção sucroalcooleiras, a porcentagem de retirada da palha sobre o solo não deve ultrapassar 50-60% da massa vegetal total deixada pós colheita.

Tabela 2- Produção de Etanol 2º Geração e viabilidade econômica da produção e comercialização do etanol celulósico

% Retirada	Tonelada de palha			
	100%	50%	100%	50%
Tonelada palha ha <sup>-1</sup>	10,6 Mg ha <sup>-1</sup>	5,3 Mg ha <sup>-1</sup>	16 Mg ha <sup>-1</sup>	8 Mg ha <sup>-1</sup>
Litros	2558	1279	3840	1920
Custo de Produção E2G (1,50 L <sup>-1</sup> )	3837	1918,5	5760	2880
Custo comercialização Etanol 1º e 2º Geração (1,83 L <sup>-1</sup> )	4681,14	2340,57	7027,2	3513,6
Incremento Econômico ha <sup>-1</sup>	844,14	422,07	1267,2	633,6

Fonte: o autor

Conforme podemos analisar consegue um incremento econômico variando de acordo com a quantidade de palhada deixada sobre o solo, as quantidades demonstradas da tabela acima conseguem mensurar a faixa de recomendação de recolhimento da palhada, e em todas elas independente da quantidade percebe se aumento no rendimento econômico das unidades sucroenergéticas. Os valores que foram utilizados nos cálculos foram obtidos de entidades como a (UDOP e NOVA CANA, 2017) dados de dezembro de 2017 se tratando assim de informações consistentes e atuais. Na tabela seguinte, segue estudo em relação ao custo para produção de bioenergia, levando em consideração o custo das operações agrícolas, sendo elas, enleiramento, enfardamento, amontoamento, carregamento e transporte para unidade industrial, levando em consideração um raio de 20 km, em estudo de caso realizado por Galon (2015).

Tabela 3- Capacidade de produção de bioenergia, custo de produção e valores de comercialização Mw

% Retirada	Tonelada de palha			
	100%	50%	100%	50%
Tonelada palha ha <sup>-1</sup>	10,6 Mg ha <sup>-1</sup>	5,3 Mg ha <sup>-1</sup>	16 Mg ha <sup>-1</sup>	8 Mg ha <sup>-1</sup>
Megawatts (2,5 Mw Mg)	26,5	13,25	40	20
Custo de Produção (77,08/ton)	817,048	408,524	1233,28	616,64
Custo comercialização Bioenergia (R\$ 453,00)	12004,5	6002,25	18120	9060
Custo Comercialização Bioenergia em R\$, com redução de 15% energia utilizada no processo	10203,825	5215,162	15402	7701
Incremento Econômico ha <sup>-1</sup>	9386,777	4806,638	14168,72	7084,36

Fonte: o autor

A tabela 3 ressalta bem a produção de bioenergia, com valores interessantes se tratando do ponto de vista econômico, conforme dados apresentados pelo CTC, a capacidade de geração de energia através da palhada é aproximadamente 2,5 Megawatts por tonelada de palha, conforme o estudo de caso realizado em uma Usina do Estado de São Paulo apresentado por Galon (2015) o custo para produção de energia através da palha é R\$ 77,08 por cada tonelada palha processada, levando em consideração valores de operações agrícolas e industriais.

Porém de acordo com o site da nova cana, para dezembro de 2017 existe grande possibilidade devido a previsão favorável de chuva que o custo de comercialização possa ser reduzido, seguindo a análise realizada no mês de novembro de 2017 o valor de comercialização o Megawatts estava em R\$ 453,00. Tornando assim um grande incremento econômico para o setor sucroenergético. O valor de incremento foi realizado pela diferença do custo de produção e do valor comercializado, sendo que devido a pesquisas recentes 15% da energia é descontada devido ser utilizada no decorrer da operação de cogeração de energia.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, torna-se uma prática compensativa para as Usinas o uso da palha para geração de Etanol 2G, e bioenergia, pois podemos observar na tabela 2 e 3 os valores de retorno econômico que cada um desses produtos pode contemplar.

Estudos mais detalhados se fazem necessários para avaliar a dinâmica da decomposição da palhada e decidir sobre a melhor relação palha no solo/palha removida de forma a melhor contribuir com a sustentabilidade do sistema, observados que cerca de 50-60% da palha sendo retirada não impacta as características agrônômicas e ambientais, na Usina que foi realizado o estudo de caso o recolhimento da palhada se faz em canaviais de segundo ano até o ano de reforma retirado de 50-60% da palhada, porém em canaviais de 1º ano não se faz o recolhimento da palha preservando as características agrônômicas, e em canaviais que serão reformados são retirados cerca de 90-100% da palhada para a produção de bioenergia.

A manutenção da palha sobre o solo permite um incremento nutricional ao solo, o que diminui os gastos com reposição dos nutrientes através de fertilizantes, com esses dados podemos relacionar a quantidade de palha deixada sobre o solo, e o que ela está contribuindo com a sua fertilidade, principalmente devido ao preço dos insumos, podemos afirmar que conforme o estudo realizado em campo e comparado com as referências da literatura, existe a economia de 50% no custo da manutenção da fertilidade, o que também não é prejudicado quando se retira 50-60% do material vegetal, devido as taxas de decomposição serem lentas e dependentes das condições climáticas e microbiológicas.

A utilização da palhada para produção de etanol pode gerar valores de incrementos econômicos de R\$ 422,07 a R\$ 1267,28 por hectare de acordo com o volume de palha retirado, com crescimento linear desses fatores, o que devemos levar em consideração o preço comercial dessa commodity agrícola.

A utilização da palha de cana para a cogeração de bioenergia obteve valores variando de R\$ 4806,638 a R\$ 14168,72 por hectare significando um crescimento econômico real e possível para o setor nos dias de hoje pois já existe várias unidades realizando esse procedimento e com grande êxito, levando em consideração apenas a área do experimento no qual foi retirado a palhada com área de 255 hectares aumentaria nos rendimentos cerca de R\$ 3.613.023,6, se ressaltar as usinas que possui em média

**REFERÊNCIAS**

- ALCARDE, A. R. Procedimento da cana-de-açúcar. v. 2010. n. 20/04. Seropédica, RJ: EMBRAPA, 2007. P. Agência de Informação, cana de açúcar.
- AQUINO, G.S.; MEDINA, C.C. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar sob doses de palhada. 3º Seminário de Gestão Ambiental na Agropecuária. Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012.
- CASTRO, A. J. A.; CASSIANO, D. A.; FERREIRA, N. L. Gaseificação do bagaço de cana-de-açúcar: modelagem, análise e comparação com sistema real. *Exacta*, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 39-47, jan./mar. 2009.
- AQUINO, G.S.; MEDINA, C.C. Crescimento e produtividade de cana-de-açúcar sob doses de palhada. 3º Seminário de Gestão Ambiental na Agropecuária. Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012.
- CARVALHO, J. L. N. Decomposição da palha da cana-de-açúcar em diferentes condições edafoclimáticas. 2013. Projeto de pesquisa (Iniciação científica Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE))
- CONAB 2017 Acompanhamento da safra brasileira. Cana-de-açúcar. Disponível em > [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_08\\_24\\_08\\_59\\_54\\_boletim\\_cana\\_portugues\\_-\\_2o\\_lev\\_-\\_17-18.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_24_08_59_54_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_17-18.pdf) ISSN 2318-7921 V. 4/2017. Acesso em dezembro de 2017.
- CRUZ, S. H. Bagaço e palha da cana são fontes de celulose para gerar álcool. *Visão agrícola* nº 8, jan/jun 2008. Disponível em > <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA08-materia-prima03.pdf>. Acesso em dezembro de 2017.
- DIETRICH G. Decomposição e liberação de nitrogênio da palha de cana-de-açúcar em função do ambiente e quantidade de palha. 2014, 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais - UFSM, Santa Maria, RS, 2014.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) Disponível em> <http://www.epe.gov.br/> Acesso em: Novembro 2017

FILIAGE, H. D. et al. Levantamento da quantidade de palha produzida por diferentes variedades de cana-de-açúcar. Disponível em ><https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=3266&numeroEdicao=19>. Acesso em dezembro de 2017

FOLHA DA CANA. Goianésia, Go, 2015.Publicação da Acessória de Imprensa da Jalles Machado. Impresso especial. Edição n°53- agosto 2015 10 p.

GALON, G. Melhorias no rendimento agrícola e receita extra obtidos com o recolhimento e desfardamento da palha da cana. Disponível em > [https://www.jornalcana.com.br/arquivos/Palestras/Gilmar\\_Galon.pdf](https://www.jornalcana.com.br/arquivos/Palestras/Gilmar_Galon.pdf) 2015. Acesso em dezembro de 2017

HASSUANI, S.J. Evaluation of agronomic routes to undurned cane harvesting with trash recovery in: HASSUANI, S.J. et al. Biomass Power generation: sugar cane bagasse and trash; Piracicaba: PNUD-CTC, 2005. (Série Caminhos para Sustentabilidade).

LOMBARDI, G., GIROTO, V., LOMBARDI, N., PERES, M., SILVA, S. D. A., dos ALVES, C. E., & ABÍLIO, A. (2013, March). Uso da palha de cana-de-açúcar como fonte de bioenergia versus a sua contribuição nutricional quando mantida no solo. In Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 7., 2012, São Paulo. Anais... São Paulo, 2012.

MILANEZ, A. Y., NYKO, D., VALENTE, M. S., SOUSA, L. C., BONOMI, A. M. OLIVEIRA, M. H. R. USO DA PALHADA DA CANA-DE-AÇÚCAR NA GERAÇÃO DE ETANOL 2º GERAÇÃO VERSUS SUA CONTRIBUIÇÃO NUTRICIONAL PARA O SOLO NO AMBIENTE CERRADO. Orientação de Rodrigo Fernandes de Souza; Goianésia: Faculdade Evangélica de Goianésia, 2016, 25 p. Monografia de Graduação.

F. L. J., JESUS, C. D. F. D., ... & JUNQUEIRA, T. L. (2015). De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar: uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, (41).

MILANEZ, A. Y. et al. O déficit de produção de etanol no Brasil entre 2012 e 2015: determinantes, consequências e sugestões de política. BNDES Setorial, n. 35, p. 277-302. BNDES, Rio de Janeiro, mar. 2012

NOVA CANA. Cogeração. <https://www.novacana.com/n/cogeracao/chuvas-derrubar-preco-spot-eletricidade-dezembro-analistas-221117/> 2017

NYKO, D., GARCIA, J. L. F., MILANEZ, A. Y., & DUNHAM, F. B. (2010). A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, (32), 5-48.

DE OLIVEIRA, M. H. R, SOUZA, R. F, OLIVEIRA, R. S, ARRUDA, A. B, MOURA, J. B, e SILVA, R. M. USO DA PALHADA DA CANA-DE-AÇÚCAR NA GERAÇÃO DE ETANOL 2º GERAÇÃO VERSUS SUA CONTRIBUIÇÃO NUTRICIONAL PARA O SOLO NO AMBIENTE CERRADO. Acta Iguazu, Cascavel, v.8, n.1, p. 117-127, 2019

OLIVEIRA M. W.; TRIVELIN P. C. O.; GAVA G.J.C., PENATTI C.P. Degradação da palhada de cana-de-açúcar. Scientia agrícola, vol.56 n.4 Piracicaba Oct./Dec. 1999a.

OLIVEIRA, M. W., TRIVELIN, P. C. O., PENATTI, C. P., & de CÁSSIA PICCOLO, M. (1999b). Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34(12), 2359-2362.

PENATTI, C.P. Racionalização da adubação da cultura de cana-de-açúcar. Disponível em <[http://www.assocana.com.br/restrito/Palestra\\_Racionalizacao\\_Res\\_Adubo-25-06-08.pdf](http://www.assocana.com.br/restrito/Palestra_Racionalizacao_Res_Adubo-25-06-08.pdf)>. Acessado em: 26 de abril de 2016.

Revista Opiniões. Açúcar e Álcool. Sobre energias renováveis. Editora WDS: Ribeirão Preto. São Paulo. Jan-mar 2008.

ROSSETTO, R., CANTARELLA, H., DIAS, F., LANDELL, M., & VITTI, G. Manejo conservacionista e reciclagem de nutrientes em cana-de-açúcar tendo em vista a colheita mecânica. Informações Agronômicas, 124, 8-13. 2008.

SANTOS, FERNANDO A., QUEIRÓZ, JOSÉ H. DE, COLODETTE, JORGE L., FERNANDES, SERGIO A., GUIMARÃES, VALÉRIA M., & REZENDE, SEBASTIÃO T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. *Química Nova*, v. 35, p.1004-1010. 2012.

UDOP (União Dos Produtores de Bioenergia). Disponível em < <http://www.udop.com.br>.

URQUIAGA, S., BODDEY, R. M., OLIVEIRA, O. D., LIMA, E., & GUIMARÃES, D. H. (1991). A importância de não queimar a palha na cultura de cana-de-açúcar. EMBRAPA-CNPBS.

VITTI, G; et al Agrícola Ouro Verde, Lençóis Paulista -SP, Relatório Técnico, n.10, p.1-19, 2008.

VITTI, G; et al. Nutrição e Adubação da Cana-de-açúcar. Bebedouro, SP: [s.n], p. 15-18, 2005.

XAVIER, G. L. (2010). A cidade e os canaviais: Estado e capital na produção social do espaço-Goianésia, Goiás. Apresentação, 4(1).

YAMAGUCHI, C., RAMOS, N., PACKER, A., de ANDRADE, C. A., & HIRANO, R. (2013, January). Dinâmica de decomposição de palhada de cana-de-açúcar. In Embrapa Meio Ambiente- Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2012, Jaguariúna. Anais... Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 1 CD ROM. Nº 12402.

SILVA , A. P.;MEERT , D.; FINAMORE3 , W.L. de M. APROVEITAMENTO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR PÓS COLHEITA MECANIZADA. A Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e da Terra Produção/construção e tecnologia, v. 5, n. 8, 2016.