

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNICAMP
REPOSITÓRIO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA E INTELECTUAL DA UNICAMP

Versão do arquivo anexado / Version of attached file:

Versão do Editor / Published Version

Mais informações no site da editora / Further information on publisher's website:

<https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/373>

DOI: 0

Direitos autorais / Publisher's copyright statement:

©2017 by Sociedade Brasileira de Planejamento Energético. All rights reserved.

DIRETORIA DE TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

Cidade Universitária Zeferino Vaz Barão Geraldo

CEP 13083-970 – Campinas SP

Fone: (19) 3521-6493

<http://www.repositorio.unicamp.br>

PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE PRECIFICAÇÃO DA CANA LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO A CONTRIBUIÇÃO DO BAGAÇO E DA PALHA NA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE E DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO

Carolina Habib Ribeiro
Joaquim Eugênio Abel Seabra

Universidade Estadual de Campinas

RESUMO

A cogeração nas usinas de cana-de-açúcar supre a necessidade de energia para o processo de produção de etanol e açúcar. Com um investimento incremental, é possível, além de atender à demanda interna de energia, produzir excedente elétrico para fornecer à rede de transmissão e distribuição instalada. No futuro, outra aplicação para a fibra será na produção de Etanol de Segunda Geração (Etanol 2G). Embora ambas as atividades agreguem valor no processo e contribuam para a sustentabilidade da usina, a metodologia de precificação da cana-de-açúcar, determinada pelo CONSECANA-SP, leva em consideração apenas os teores de açúcares, não considerando a contribuição dos produtos do bagaço na indústria sucroenergética. Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi propor uma metodologia que leve em consideração a contribuição da fibra (bagaço e palha) sem, contudo, alterar o que já vem sendo praticado quanto à fração de açúcares. Baseado na metodologia do CONSECANA-SP, a proposta indica um valor incremental ($\text{Preço Cana}_{\text{BTR}}$) ao preço já pago pela cana ao produtor, correspondente ao faturamento adicional proveniente da atividade da cogeração e/ou produção de Etanol 2G.

Palavras-chave: Bagaço, Cana-de-açúcar, Cogeração, Precificação, Valor incremental, CONSECANA.

ABSTRACT

The cogeneration in the Brazilian sugarcane mills meets the energy requirements of the ethanol and sugar production process. With an incremental investment, it is possible, in addition to meeting the internal demand of energy, to export electricity to the grid. For the future, other possible application for the fiber is the production of 2nd generation ethanol. Even though both activities add value to the process and bring relevant contributions to the sustainability of the mills, the current sugarcane pricing method established by CONSECANA-SP takes into

into account only the sugar content, not considering the contribution from bagasse products to the industry. Given this scenario, the objective of this work was to propose a sugarcane pricing method that takes into account the contribution from the sugarcane fiber (bagasse and trash), without, however, change what has already been practiced for the sugar fraction. Based on the CONSECANA-SP methodology, the proposed method leads to an incremental value (Cane Price_{BTR}) to the sugarcane price paid to producers, related to the additional sales of the cogeneration activity and/or 2nd generation ethanol production.

Keywords: Bagasse, Sugarcane, Cogeneration, Pricing, Incremental value, CONSECANA.

1. INTRODUÇÃO

Na maioria dos estudos sobre cogeração o preço do bagaço é considerado nulo, condizente com a realidade, em que o preço da cana é estipulado apenas pelo teor de açúcar, desconsiderando qualquer contribuição da fibra, mesmo gerando renda com a cogeração (e, futuramente, com o Etanol 2G). Em muitas regiões do mundo, a cana não pertence à usina que irá processá-la, portanto, é necessário o uso de um sistema de pagamento que atenda tanto às expectativas do produtor de cana e às do empresário da usina.

No estado de São Paulo, o CONSECANA (Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Alcool) estabelece os procedimentos de amostragens, análises e cálculos para mensurar a qualidade e o valor a ser pago pela cana-de-açúcar de acordo com os valores dos seus produtos (etanol e açúcar) no mercado. Segundo Rein (2007) um bom sistema de pagamento de cana deve promover a rentabilidade da indústria como um todo, recompensar adequadamente os agricultores e usineiros pelos seus esforços, ser justo e imparcial, entre outros (REIN, P, 2007).

De acordo com o Manual de Instruções do CONSECANA, a qualidade da cana-de-açúcar é definida pela concentração de Açúcares Totais Recuperáveis - ATR (sacarose, glicose e frutose) expresso em quilogramas por toneladas de cana (CONSECANA, 2006). Assim, a remuneração da cana não leva em consideração o bagaço, mesmo ele não sendo um coproduto que agrega valor para cadeia de produção do açúcar, etanol e eletricidade.

Diante desse contexto, são sugeridas mudanças no setor sucroenergético que busquem valorizar o bagaço e a palha de forma justa para o produtor de cana e a um preço que continue viabilizando e incrementando a rentabilidade do setor sucroenergético. Este trabalho propõe uma metodologia de precificação da cana-de-açúcar, levando em consideração a contribuição incremental do bagaço e da palha com

o faturamento adicional da cogeração de energia elétrica excedente (cenário atual) ou a produção de Etanol 2G (cenário futuro).

2. CENÁRIO ATUAL: METODOLOGIA PROPOSTA PARA A COGERAÇÃO

2.1 Metodologia proposta para o bagaço utilizado na cogeração

A metodologia proposta aqui acrescenta uma parcela referente à contribuição do bagaço, devido ao faturamento adicional da usina com a venda da energia elétrica, ao preço já cobrado pela cana-de-açúcar, segundo a metodologia do CONSECANA-SP (2006), a qual serviu de referência para o desenvolvimento desta metodologia. A Figura 1 mostra o diagrama para a determinação do preço da cana-de-açúcar levando em consideração o que esta metodologia propõe. Tem-se, do lado esquerdo, a formação do preço já praticado pelo método CONSECANA, ao qual deve ser adicionada a parcela incremental referente ao bagaço, do lado direito. Dessa forma, o preço da cana-de-açúcar é a soma das duas parcelas e, portanto, leva em consideração três produtos derivados dela: açúcar, etanol e eletricidade.

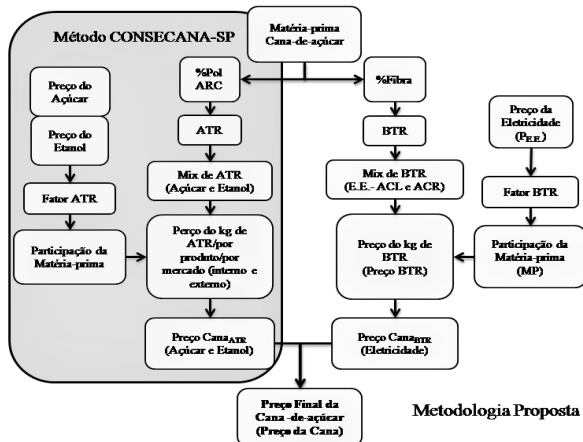


Figura 1 – Fluxograma geral da formação do preço da cana-de-açúcar de acordo com a metodologia proposta para a cogeração com bagaço

Atualmente, é praticado o método CONSECANA (5ª edição do Manual de Instruções, CONSECANA, 2006). Os parâmetros do fluxograma da Figura 1 na parte incremental (lado direito) serão apresentados.

- %Fibra: corresponde ao percentual de fibra proveniente da cana-de-açúcar. Este parâmetro será utilizado para mensurar quanto de bagaço foi entregue na cana.

- BTR – Biomassa Total Recuperável: é toda biomassa obtida após a extração do caldo na moenda, descontada a parcela de bagaço equivalente utilizado nas caldeiras para garantir o suprimento de energia e vapor requeridos nos processos de açúcar e álcool. A unidade adotada para o BTR é kg de BTR/t cana. A equação (1) apresenta a proposta de cálculo do BTR.

$$\text{BTR} = \text{Fibra} - 75 \quad (1)$$

Onde Fibra é o teor de fibra em matéria seca presente na cana (kg fibra/t cana). A constante 75 kg fibra/t cana corresponde ao consumo de bagaço para suprir a demanda energética da produção de açúcar e etanol (consumo interno). Esse consumo foi estimado com base na configuração CP-65 de SEABRA (2008).

- Mix de BTR (E.E.-ACL e ACR): equivale a produção e comercialização dos produtos derivados da biomassa. Nesse caso, é a quantidade de energia exportada. Até este momento foi considerada apenas a energia vendida no ACR (Ambiente de Contratação Regulado).

- Preço do kg de BTR (Preço BTR): corresponde ao preço que deve ser pago pela usina ao produtor de cana por cada quilograma de BTR entregue juntamente com a cana-de-açúcar. Ele deverá ser calculado com base no Preço da Eletricidade ($P_{E.E.}$), num Fator BTR e em uma Participação da Matéria-prima (MP). A equação de formação do Preço do kg de BTR, explicitando os impostos, foi formulada em paralelo com a equação utilizada pelo CONSECANA para determinar o preço do kg de ATR (Equação presente no Anexo II de SEABRA, 2008). Dessa forma, tem-se:

$$\text{Preço BTR} = P_{E.E.} (1 - \text{PIS Cofins}_{E.E.}) \frac{1}{\text{Fator BTR}} \cdot \frac{MP}{1 - \text{PIS Cofins}_{MP}} \quad (2)$$

Onde $\text{Pis-Confins}_{E.E.}$ corresponde às alíquotas de PIS (Programa de Integração Social) e Cofins (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) que incidem sobre o faturamento bruto da venda de energia elétrica (que juntos somam 9,25%); PIS-COFINS_{MP} representa as alíquotas de PIS e Cofins incidentes sobre a venda de cana-

de-açúcar, que foi considerada nula (Lei nº. 12.844, de 2013). Os outros parâmetros, $P_{E.E.}$, Fator BTR, e MP, serão apresentados a seguir.

- Preço da Eletricidade ($P_{E.E.}$): deve ser a média ponderada dos preços médios efetivamente praticados no mercado de energia elétrica. A unidade adotada para $P_{E.E.}$ é R\$/kWh. Para este trabalho, foi calculado o preço médio da energia vendida por meio de leilões cujos contratos estavam válidos e sem pendências em 2014.

- Fator BTR: é a relação entre a quantidade de Biomassa Total Recuperável, em kg de BTR/t cana, pela quantidade de energia elétrica excedente, E.E. (kWh/t cana). Sendo assim, tem-se o valor do Fator BTR para o bagaço seco.

$$\text{Fator BTR} = \frac{BTR}{E.E.} = \frac{BTR}{\frac{BTR \cdot PCI \cdot \eta}{3.600}} = \frac{3.600}{14.400 \cdot 0,25} = 1 \quad (3)$$

Em que PCI é o Poder Calorífico Inferior da biomassa (para o bagaço o valor adotado foi de 14.400 kJ/kg em base seca); η é a eficiência (base PCI) de uma termelétrica que utiliza como combustível o bagaço ($\eta=25\%$); e 3.600 kJ/kWh é o fator de conversão de unidades de energia.

- Participação da Matéria-prima (MP): é a participação do custo da matéria-prima no(s) custo(s) do(s) produto(s) acabado(s), ou seja, é um fator, expresso em porcentagem, que representa a razão entre o custo médio da biomassa (bagaço) e o custo médio total, incremental, da geração de energia elétrica excedente. Para o fluxo de caixa incremental da cogeração, tendo o custo da biomassa como variável endógena, o MP é obtido quando o VPL (valor presente líquido) é nulo. O cálculo da MP será apresentado posteriormente.

- Preço Cana_{BTR} (Eletricidade): a parcela incremental (em R\$/t cana) que leva em conta a contribuição da biomassa para a geração de energia elétrica.

$$\text{Preço Cana}_{BTR} = BTR \cdot \text{Preço BTR} \quad (4)$$

- Preço Final da cana-de-açúcar (preço da cana): Preço final desta metodologia (em R\$/t cana), que propõe um pagamento aos produtores de cana pelo fornecimento do ATR e BTR.

$$\text{Preço Cana} = \text{Preço Cana}_{ATR} + \text{Preço Cana}_{BTR} \quad (5)$$

2.1.1 Determinação da Participação da Matéria-prima para o bagaço utilizado na cogeração

Os dados para a construção do fluxo de caixa estão apresentados na Tabela 1. Esses dados foram utilizados para a determinação do parâmetro Participação da Matéria-prima (MP) para o cenário da cogeração com bagaço. Foi considerada uma usina que opera 200 dias no ano (4.080 horas) e processa 2 Mt de cana/safra (13% Fibra), e produz 55 kWh/t de cana de energia excedente e que produza apenas açúcar, ou só etanol ou açúcar e etanol.

Tabela 1 – Valores utilizados no fluxo de caixa da produção de eletricidade com bagaço

Fluxo de Caixa do Empreendimento de Cogeração		
Item	Valor	Unidade
Receita Fixa (Preço da Eletricidade) – CCEE, 2014	0,20	R\$/kWh
Investimento Incremental – SEABRA, 2008	2.750	R\$/kW
O&M Variável – EPE, 2008	0,008	R\$/kWh
O&M Fixo – EPE, 2008	35	R\$/kW ano
TUST / Encargos de conexão – EPE, 2008	10,95	R\$/kW mês
Seguro Operacional – EPE, 2008	0,3	% Invest./ano
Depreciação (linear) – SEABRA, 2008	10	anos
PIS e Cofins Eletricidade	9,25	%
Taxa de Fiscalização ANEEL – ANEEL, 2014	1,88	R\$/kW ano
Imposto de Renda + CSLL	34	%
Capital de Giro	5	% Invest.
Período do fluxo de caixa – SEABRA, 2008	25	anos
Percentual Financiado do Investimento– QUAINO, 2014	70	%
Juros do financiamento (sistema SAC) – QUAINO, 2014	5,5	% ano
Amortização do financiamento (pgto principal) – EPE, 2008	14	anos
Custo de Capital – EPE, 2008	15	% ano
Preço do Bagaço de Cana	Variável endógena	R\$/t de bagaço

A metodologia se baseou no investimento incremental referente à cogeração com bagaço. Foi adotado um comportamento linear para o fluxo de caixa. Como as informações obtidas são valores médi-

os, o comportamento e todos os resultados são também médios. Todos os parâmetros foram selecionados conservadoramente.

Com os dados obtidos, encontrou-se o custo do BTR, no qual o VPL é nulo (R\$ 56,20 t de BTR, R\$ 3,09 t de cana). Mas o principal resultado desta análise de fluxo de caixa é a determinação da Participação da Matéria-prima (MP), parâmetro necessário para o equacionamento da precificação da cana. Foi obtido o valor de 31%, ou seja, o custo médio da biomassa (bagaço) representa 31% do custo incremental total para geração de energia elétrica excedente, nas condições adotadas como referência.

É bom ressaltar que o valor de 31% é considerado conservador e busca garantir a viabilidade da atividade industrial e remunerar o produtor de cana-de-açúcar. Provavelmente, para aplicação desta metodologia, um dos desafios consistirá em conciliar os interesses da indústria e dos fornecedores de cana para a determinação do cenário que será adotado como referência no cálculo da Participação da Matéria-prima (MP).

2.1.2 Aplicação da metodologia para o cenário de cogeração com o bagaço

Para exemplificar, será aplicada a metodologia para uma condição hipotética. Será considerado o %Fibra=12,53% com preço médio do kg ATR de R\$ 0,3830. O Preço da Cana_{ATR} será R\$ 55,91 t de cana (dados retirados do exemplo apresentado em CONSECANA, 2006). Para o cálculo do Preço Cana_{BTR} e Preço da Cana foram considerados os seguintes dados: BTR=50,3 kg/t de cana; Fator BTR=1 kg/kWh; MP=31%; P.E.=R\$0,152 kWh.

Nesse exemplo, o Preço do BTR é de R\$ 42,75 t de BTR, equivalente a Preço Cana_{BTR} = R\$2,15 por tonelada de cana, que representa um aumento de 3,85% do preço já praticado (Preço da Cana_{ATR}). O Preço da Cana = R\$ 58,06/ t de cana.

2.2 Metodologia proposta para a palha utilizada na cogeração

Nesta avaliação, assume-se a colheita mecanizada da cana crua, por meio da qual as folhas são separadas dos colmos pela ação de ventiladores, que lançam o resíduo no solo. Parte do resíduo agrícola que é deixado no canavial é compactado em fardos e transportado para a usina para ser processado como combustível complementar ao bagaço (HASSUANI, 2005).

Para o cenário tecnológico de cogeração, com o uso da palha, desenvolveu-se uma metodologia de precificação com o mesmo racio-

cínio para o bagaço, e foi considerado que todos os fardos de palha são entregues na usina (Colheita terceirizada) pelos próprios produtores de cana. Nesse caso, o investimento incremental necessário para a usina é apenas para processar a palha antes de queimá-la.

O cálculo do preço da palha também é baseado em (2), porém, considerando um Fator Palha ao invés do Fator BTR e uma Participação da Matéria-prima (MP) específica para a palha. O Fator Palha é determinado com base em (3), porém assumindo um PCI, em base seca, de 15.600 MJ/kg. Obtém-se, assim, um fator igual a 0,923 kg/kWh.

Já no cálculo da Participação da Matéria-prima para a cogeração com palha, foi considerado que todo investimento em infraestrutura para cogeração já foi contabilizado no cenário, utilizando apenas o bagaço. Dessa forma, o aumento da geração de eletricidade excedente com a palha pode ser atribuído a uma extensão no período de operação da caldeira. Para encontrar a MP, o raciocínio é similar ao utilizado para o cenário da cogeração com bagaço.

O cenário tecnológico considerado na fase agrícola foi retirado de Cardoso (2014), em que a colheita é feita por colhedora convencional e são recolhidos em média 5,4 t de palha seca por hectare de cana plantada, equivalente ao recolhimento de 50% da palha disponível.

Nesse cenário, o recolhimento, enfardamento e transporte até a usina fica a cargo do produtor de cana, que deve ser recompensado pelo preço da palha. Do ponto de vista industrial, nenhum gasto é gerado com a logística da palha do campo até a usina. A despesa incremental está associada apenas ao manejo da palha internamente. Na Tabela 2 são apresentados os dados do fluxo de caixa.

Tabela 2 – Fluxo de caixa da cogeração com palha - colheita terceirizada

Item	Valor	Unidade
Receita Fixa (Preço da Eletricidade) – CCEE, 2014	0,20	R\$/kWh
Investimento incremental (ano 0 e 15) – CTC, 2005	1.764.838	R\$
Custos de preparação da palha – CTC, 2005	0,87	R\$/t de palha
O&M Variável – EPE, 2008	0,008	R\$/kWh
Seguro Operacional – EPE, 2008	0,3	% Invest./ano
Depreciação (linear) – SEABRA, 2008	10	anos
PIS e Cofins _{E.E.}	9,25	%
Imposto de Renda e CSLL	34	%
Capital de Giro	5	% Invest.
Período dos fluxos de caixa – SEABRA, 2008	25	anos
Custo de Capital – EPE. 2008	15	% ano
Preço da Palha	Variável Endogena	R\$/t de palha

Como resultado, obteve-se o preço para a palha de R\$ 183,42 t. Nesse contexto, o valor encontrado para MP foi de 93,4%.

2.2.1 Aplicação da metodologia para o cenário de cogeração com palha – colheita terceirizada

Para se calcular o preço devido pela tonelada de palha, basta calcular o Preço do kg de Palha, conforme (2). Foram utilizados os parâmetros já definidos anteriormente: Fator Palha = 0,923 kg/kWh; MP= 93,4%; P.E.E. = 0,152 R\$/kWh. Foi possível calcular o preço do kg da palha entregue na usina e destinada à cogeração para esta situação hipotética: 139,55 R\$/t de palha (aproximadamente 9,54 R\$/t de cana).

3. CENÁRIO FUTURO: METODOLOGIA PROPOSTA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL 2G

3.1 Metodologia proposta para a produção de Etanol 2G com o bagaço

Nesta seção, o cálculo do preço da cana levará em consideração os custos e faturamentos incrementais para a produção de Etanol 2G e energia elétrica. Foi adotado como referência o cenário de produção de etanol pela rota bioquímica descrita em Seabra et. al (2010 e 2011). O esquema da Figura 2 representa os fluxos de matéria-prima e produtos adotados neste cenário.

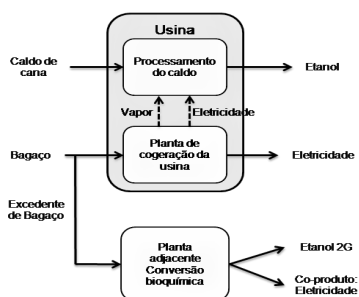


Figura 2 - Esquema dos fluxos materiais e energéticos para o modelo da cogeração e produção de Etanol 2G (Seabra et al., 2010)

Para essa configuração, a usina de referência processa 4 Mt de cana por safra, e a biomassa que chega a usina junto com a cana, é utilizada para produção de Etanol _{2G} por rota bioquímica e para cogeração, que vai gerar energia e vapor para os processos internos e ainda exportar eletricidade excedente. Da energia produzida na Planta de cogeração, 32 kWh/t de cana são exportados para a rede e o excedente de biomassa é destinado para a produção de Etanol _{2G}.

A planta adjacente, além de produzir o Etanol _{2G}, também produz eletricidade excedente. A produtividade considerada da planta adjacente para o etanol é de 0,37 m³/t de bagaço seco e para a eletricidade é de 557 kWh/m³ de etanol, ou 207,2 kWh/t de bagaço seco (SEABRA et. al., 2011).

Adotando esses dados como referência, o modelo proposto também utiliza como base a metodologia do CONSECANA e seus parâmetros são semelhantes aos adotados no caso da cogeração (cenário atual). Para o cenário futuro, destinada à produção de Etanol _{2G} e eletricidade, os parâmetros diferentes do cenário atual serão apresentados com mais detalhes.

- BTR – Biomassa Total Recuperável: o BTR para o cenário futuro corresponde a toda biomassa entregue junto com a cana que for destinada para a produção de eletricidade na cogeração (BTR_{E.E.}) e para a produção de Etanol _{2G} e energia elétrica da planta adjacente (BTR_{2G}). Para se calcular a quantidade de BTR, deve-se levar em consideração toda a biomassa presente na usina, após a moagem, e descontar a biomassa que é utilizada para gerar energia para suprir as atividades da usina (vapor e eletricidade).

Para descobrir o bagaço queimado para consumo interno, subtraiu da biomassa destinada à cogeração, o montante equivalente para gerar a energia elétrica excedente de 32 kWh/t de cana. Considerando a eficiência da cogeração de 25% do PCI do bagaço, tem-se que o consumo equivalente é de 32 kg de bagaço/t de cana, ou 128.000 t de bagaço por safra, queimados para gerar a energia exportada. Sendo assim, do total de bagaço destinado à cogeração, 348.633 t de bagaço/safra (bagaço equivalente em energia - Seabra, 2010), 220.633 t de bagaço são destinados a gerar a energia consumida internamente, ou seja, 55,16 kg de bagaço/t de cana. Portanto, a equação para o cálculo do BTR, em base seca, dado em kg de BTR/t cana é:

$$\text{BTR} = \text{Fibra} - 55,16 \quad (6)$$

- Mix de BTR (Etanol _{2G} e E.E.): está associado à produção e comercialização dos produtos derivados da biomassa. Neste caso, seriam Etanol _{2G} anidro e/ou hidratado e a quantidade de energia exportada.

• Preço do kg de BTR (Preço BTR): corresponde ao preço que deve ser pago pela usina ao produtor de cana por cada quilograma de BTR_{2G}, entregue juntamente com a cana-de-açúcar. Ele é composto por duas parcelas e sua equação é expressa a seguir.

$$\begin{aligned} \text{Preço BTR}_{2G} = P_{2G}(1 - \text{PIS Cofins}_{2G}) \frac{1}{\text{Fator BTR}_{2G}} \cdot \frac{MP}{1 - \text{PIS Cofins}_{MP}} + \\ P_{E.E.} (1 - \text{PIS Cofins}_{E.E.}) \frac{1}{\text{Fator BTR}_{E.E.2G}} \cdot \frac{MP}{1 - \text{PIS Cofins}_{MP}} \end{aligned} \quad (7)$$

Onde $P_{E.E.}$, $\text{PIS-Cofins}_{E.E.}$ e PIS-Cofins_{MP} já foram apresentados, e PIS-Cofins_{2G} corresponde às alíquotas de PIS e Cofins sobre a venda de etanol, que foi considerada 8,4%. Os outros parâmetros, P_{2G} , Fator BTR_{E.E.}, Fator BTR_{2G}, Fator BTR_{E.E.2G} e MP, serão apresentados a seguir.

• Fator BTR_{2G}: corresponde à quantidade de BTR que é necessária para produzir um litro de etanol. O Fator BTR_{2G} é expresso em kg de BTR/L de etanol. Para as configurações adotadas como referência, foi obtido da literatura o Fator BTR_{2G} = 2,7 kg de BTR/L (SEABRA et al., 2010).

• Fator BTR_{E.E.2G}: representa a relação entre a energia excedente gerada da biomassa, destinada à planta adjacente de produção de Etanol 2G. Fator BTR_{E.E.2G} = 4,83 kg de BTR/kWh (SEABRA et al., 2010).

• Participação da Matéria-prima (MP): o conceito é o mesmo para o cenário atual. A MP representa a relação entre o custo da biomassa (bagaço) e o custo incremental para instalação da planta adjacente de conversão da biomassa em Etanol 2G. O cálculo da MP para o cenário futuro será apresentado posteriormente.

• Preço Cana_{BTR} (Etanol 2G): a parcela incremental (em R\$/t cana) que leva em conta a contribuição da biomassa para a geração de Etanol 2G. Ela pode ser obtida conforme (4) cujos parâmetros já foram apresentados.

• Preço Final da cana-de-açúcar (preço da cana): preço final proposto por esta metodologia (em R\$/t cana), que consiste em adicionar ao preço da cana já praticado pelo CONSECANA o preço referente à contribuição da biomassa, Preço Cana_{BTR} (Etanol 2G) expresso em (5).

3.1.1 Determinação da Participação da Matéria-prima para o bagaço utilizado na produção de Etanol 2G

Foi considerado que uma usina que processa 4 Mt de cana por safra, são destinados a planta adjacente 171.367 toneladas de bagaço por safra. Para a construção do fluxo de caixa incremental da produção de Etanol 2G, foi considerada a configuração tecnológica de bioconversão de Seabra et al. (2010).

Tabela 3 - Valores utilizados no fluxo de caixa da produção de Etanol 2G com bagaço

Fluxo de Caixa do Empreendimento de Produção de Etanol 2G		
Item	Valor	Unidade
Receita Fixa (Preço da Eletricidade) - CCEE, 2014	0,20	R\$/KWH
Receita Fixa (Preço do Etanol)	1,33	R\$/L
Investimento incremental – SEABRA, 2010	212.946.350	R\$
Custo operacional – SEABRA, 2011	334,96	R\$/m³ etanol
Depreciação (linear)	10	anos
PIS e Cofins _{E.E.}	9,25	%
PIS e Cofins _{2G}	8,4	%
Imposto de Renda e CSLL	34	%
Capital de Giro	5	% Invest.
Período dos fluxos de caixa	25	anos
Custo de Capital Próprio (Taxa de Interesse)	15	% ano
Percentual financiado	70	%
Taxa de Juros do Financiamento (SAC)	5,5	%
Amortização do financiamento	14	anos
Preço do Bagaço de Cana	Variável endógena	R\$/t de bagaço

A Participação da Matéria-prima (MP), para o cenário futuro com bagaço obtida dessa configuração foi de 41%, ou seja, o custo médio da biomassa (bagaço) representa 41% do custo incremental total para geração de Etanol 2G e energia elétrica excedente na planta adjacente. Para este cenário, com o VPL do fluxo de caixa nulo, o preço do bagaço de cana foi de R\$ 200,99 tonelada de bagaço seco.

3.1.2 Aplicação da metodologia para a produção de Etanol 2G com o bagaço

Para exemplificar, será aplicada a metodologia para uma condição hipotética: Preço Cana_{ATR}=R\$ 55,92 t de cana; BTR= 42,8 kg/t de cana; Fator BTR_{2G}, Fator BTR_{E.E.2G}, PIS-Cofins_{E.E.} e PIS-Cofins_{2G} já apresentados; MP=41%; P_{E.E.}=R\$ 0,152 kWh e P_{2G}=R\$ 1,35 L.

Neste exemplo, o Preço do BTR é de R\$ 119,44 t de BTR, equivalente a Preço Cana_{BTR} de R\$ 8,54 t de cana, que representa um aumento de 15,3% do preço já praticado. O resultado é um Preço da Cana= R\$ 64,45 t de cana.

4. CONCLUSÃO

As metodologias propostas neste trabalho buscaram precificar a cana-de-açúcar, levando em consideração a contribuição da fibra (bagaço e palha) para o faturamento adicional da usina com a cogeração e com a produção de Etanol 2G. Procurou-se satisfazer as características de um bom sistema de pagamento de cana-de-açúcar, adicionando ao que já vem sendo praticado pelo método CONSECANA-SP, a parcela incremental referente à fibra.

As equações encontradas para calcular o preço do BTR levou em consideração o investimento incremental de uma usina que produz energia excedente e/ou Etanol 2G. Considerando os parâmetros adotados, as constantes propostas para as Equações são conservadoras. A metodologia proposta pode ser considerada a base para possíveis negociações que visem determinar a parcela dos lucros, destinada ao produtor de cana, devido ao faturamento adicional com a cogeração e, futuramente, com a produção de Etanol 2G.

Dessa forma, os valores encontrados para o Preço do BTR e para o preço da palha deveriam ser repassados ao produtor de cana para remunerá-lo pela fibra. A safra de 2009/2010, segundo a CONAB (2009), produziu 612,2 milhões de toneladas de cana, das quais 25% foram entregues por produtores externos à usina; portanto, se o sistema de precificação também contemplasse o bagaço, um repasse de aproximadamente R\$ 1,32 bilhão deveria ter sido entregue aos produtores de cana (considerando o preço de R\$ 2,15 t de cana, exemplo da cogeração com bagaço).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COGEN, 2014. Associação da Indústria de Cogeração de Energia. “InfoCogen: Comercialização, dados sobre leilões – ACR”. Disponível em: http://www.cogen.com.br/info_com_merc_dados.asp. Acesso em 30 nov. 2014.

CONAB. 2009. Companhia Nacional de Abastecimento. “Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-açúcar”. Safra: 2009/2010. Terceiro Levantamento. Brasília-DF, dez. 2009. 16p.

CONSECANA. 2006. Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo. “Manual de Instruções”. Ed. 5ª, Piracicaba-SP, 2006. 54p.

EPE, 2008. Empresa de Pesquisa Energética. “1º Leilão de Energia de Reserva – 2008: Definição do Preço Inicial”. Brasília-DF, 2008. 13p.

QUAINO, L. 2014. “BNDES eleva taxas de juros e reduz participação em financiamentos”. Economia – G1, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/noticia/2014/12/bndes-define-novas-regras-e-taxas-para-financiamentos-em-2015.html>. Acesso em 12 mar. 2014.

REIN, P. 2007. “Cane evaluation and payment. In: Cane Sugar Engineering”. Velarg Dr. Albert Bartens, KG, Berlin, 2007. Chap. 2, p.56

SEABRA, J. E. A. , TAO, L., CHUM, H. L., MACEDO, I. C. 2010. “ A techno-economic evaluation of the effects of centralized cellulosic ethanol and co-products refinery options with sugarcane mill clustering”. Biomass and Bioenergy 34.

SEABRA, J. E. A., MACEDO, I. C. 2011. “Comparative analysis for power generation and ethanol production from sugarcane residual biomass in Brasil”. Energy Policu 39.

SEABRA, J. E. A. 2008 “Avaliação técnico-econômica de opções para o aproveitamento integral da biomassa de cana no Brasil”. 2008. 298 p. Tese de Doutorado como requisito para a obtenção do título de Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

Informações para Autores

Propostas de publicações em consonância com o disposto na missão da Revista Brasileira de Energia (RBE) poderão ser enviadas ao Comitê Editorial para análise, através de link específico existente no site da Sociedade Brasileira de Planejamento Energético (www.sbpe.org.br).

A formatação final para publicação ficará por conta do departamento de diagramação da RBE, porquanto os artigos deverão ser enviados em formatação simples, conforme o disposto a seguir:

- Os trabalhos devem ser editados e enviados em arquivo Word.
- Papel A4, margens 20 mm, fonte Times New Roman tamanho 12, espaçamento 1,5.
- Figuras com resolução mínima de 300 dpi.
- O nome do autor ou autores, não devem ser abreviados, e as respectivas informações de instituição, endereço, cidade, cep, estado, telefone e e-mail devem ser apresentadas.
- Todos os itens devem ser numerados sequencialmente, exceto Resumo e Abstract. Não usar numeração automática do processador de texto. Serão aceitos no máximo 3 subníveis de numeração, a partir dos quais poderão ser usadas letras como único subnível adicional.
- Títulos de figuras e tabelas, abaixo e acima das mesmas, respectivamente, sem descrição de fonte, a qual deverá ser feita ao longo do texto, muito menos a existência do termo “autoria própria”.
- Referências a trabalhos deverão ser citadas no texto com nome do autor (ou autores) e ano de publicação, entre parêntesis [Ex.: (Autor 1, 1928); (Autor 1 e Autor 2, 1928)]. Na existência de mais de dois autores, escreve-se o nome do primeiro autor seguido da expressão et al. [Ex.: (Autor 1 et al, 1928)].

Referências bibliográficas:

- Somente deverão ser citados autores ou trabalhos que estejam incluídos na lista de referências bibliográficas, assim como todos os trabalhos listados nas referências bibliográficas deverão ter sido citados no texto.
- Referências a autor(es) deverão ser citadas no texto com nome do autor (ou autores) sucedida do ano de publicação entre parêntesis [Ex.: Autor 1 (1928); Autor 1 e Autor2(1928)].
- Na existência de mais de dois autores, escreve-se o nome do primeiro autor seguido da expressão et al. [Ex.:Autor 1 et al (1928)].

