

# **Produção de etanol hidratado combustível (EHC) em microdestilarias: Análise de custos e viabilidade econômica**

**Flávio Dias Mayer<sup>a</sup>, Vanessa Baldo<sup>b</sup>,  
Liliana Amaral Feris<sup>c</sup>, Nilson Romeu Marcilio<sup>c</sup>,  
Ronaldo Hoffmann<sup>d</sup>**

## **RESUMO**

O consumo de energia no meio rural e o crescente aumento na demanda por combustíveis líquidos no Brasil estimulam o desenvolvimento de fontes alternativas. A possibilidade de produção de etanol em pequena escala pode ajudar a suprir essa demanda além de contribuir com coprodutos para a ração animal. Este trabalho tem por objetivo avaliar os custos e a viabilidade econômica da produção de etanol em uma microdestilaria, com capacidade de produção de 30 l.h<sup>-1</sup> de EHC. Foram analisados três casos em que a matéria-prima apresenta preço mínimo, médio e máximo. O custo do EHC para esses casos foi de USD<sup>1</sup> 0,68, 0,92 e 1,16 por litro, respectivamente, com destaque para o custo da matéria-prima, que atinge até 69% do custo total. Ainda, considerando-se o preço de gasolina de referência (USD 0.98 por litro), somente há viabilidade econômica para a microdestilaria quando a venda do EHC é feita em cooperativas, sem atravessadores e sem incidência de impostos. Neste caso, o preço de venda do EHC é de USD 0,933 por litro. Esse estudo demonstra que, sem o suporte de políticas de incentivo, a produção de EHC em pequena escala terá um papel secundário no suprimento da demanda por combustíveis líquidos no Brasil.

<sup>a</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – UFRGS

<sup>b</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Química - UFSM

<sup>c</sup>Professor do Departamento de Engenharia Química – UFRGS

<sup>d</sup>Professor do Departamento de Engenharia Química – UFSM

<sup>1</sup>Neste estudo foi considerada a taxa de câmbio de USD 1,00 equivalente a R\$ 2,00.

**Palavras-chave:** etanol combustível; microdestilaria; viabilidade econômica;

## 1. Introdução

O etanol carburante constitui-se em um importante combustível renovável no Brasil. Ele é utilizado hidratado, diretamente em motores, ou anidro, adicionado à gasolina obrigatoriamente, em uma concentração entre 20 e 25%. Na década de 1980 o etanol foi o combustível mais utilizado em veículos de passeio, perdendo esse posto devido a uma crise de desabastecimento em 1989 e à queda dos preços internacionais do petróleo (Sorda et al., 2010).

O consumo de etanol (hidratado e anidro) apresentou expansão de 121% entre 2003 e 2011, principalmente pelo crescimento da frota de veículos leves e pela comercialização, nesse período, de aproximadamente 13 milhões de veículos com motor do tipo *flex fuel* (ANFAVEA, 2012), e que deverão atingir 47% da frota nacional de veículos leves em 2015 (Sorda et al., 2010). O uso de motores multicomcombustível flexível possibilitou aos consumidores escolher qual combustível utilizar em função do preço, escolhendo-se o etanol hidratado quando esse situar-se abaixo de 70% do valor da gasolina<sup>2</sup> - o preço do etanol competitivo, equivalente a 70% do preço da gasolina, será aqui denominado preço equivalente ao da gasolina (PEG). Essa versatilidade propicia uma mudança quase instantânea verificada no consumo desses energéticos no Brasil.

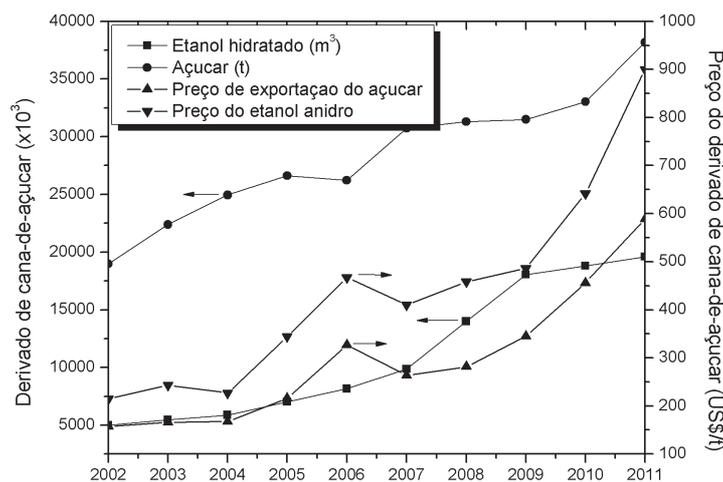
Tendo em conta essa versatilidade de uso e o fato de que, no Brasil, o preço da gasolina mantém-se em um patamar estável desde 2005 – o governo, através da estatal Petrobras, evita repassar as flutuações dos preços internacionais do petróleo ao mercado consumidor, atuando como “tampão” - o preço do etanol torna-se prioritário no que diz respeito à sua utilização. É neste ponto que surgem as interações do comércio internacional do açúcar com o modelo de produção de etanol no Brasil, uma vez que o etanol é produzido a partir de cana-de-açúcar em destilarias autônomas ou anexas à fabricação de açúcar. Isto torna o etanol hidratado muito susceptível à cotação do açúcar no mercado internacional, conforme é visto na figura 1. Observa-se que existe uma tendência entre o aumento de preço do açúcar para exportação, a quantidade de açúcar exportado e o preço do EHC. No Brasil, a relação entre o rendimento da produção de açúcar e o de etanol é superior a 2.0, ou seja, a partir de uma mesma quantidade de cana-de-açúcar processada é possível produzir duas unidades de açúcar ou uma unidade de EHC. Assim, desprezando-se os custos de produção, pode-se inferir que o preço de venda do etanol deve ser, no mínimo, o dobro em relação ao do açúcar. Entretanto, nos últimos anos a relação tem-se mantido em 1,47 (MAPA, 2010), em média. Assim, é mais rentável direcionar a matéria-prima para a produção de açúcar do que para

---

<sup>2</sup>Conforme os fabricantes de motores flex fuel, 70% é a relação entre o aproveitamento do etanol e da gasolina em um motor.

EHC, encarecendo seu valor, diminuindo sua competitividade com a gasolina e, conseqüentemente, diminuindo seu consumo. Tanto é assim que nos últimos anos o etanol não tem apresentado competitividade frente à gasolina, pois seu preço de venda ao consumidor tem sistematicamente ultrapassado o PEG.

**Figura 1** – Produção de açúcar e etanol hidratado no Brasil e preços de exportação.



(Fonte: MAPA, 2012a; MAPA, 2012b; Brazilian Energy Balance 2012, 2012).

A venda de etanol combustível no mercado é regulamentada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), através das resoluções nº 07/2011 e nº43/2009. A resolução nº07/2011 estabelece as especificações para o EHC. Já a resolução nº43/2009, regulamenta a cadeia de agentes que atuam na comercialização de etanol: o produtor de etanol vende seu produto a uma empresa distribuidora que repassa o combustível para os postos de combustíveis, que por sua vez comercializam diretamente com o consumidor final. É vedada a venda direta do produtor ao consumidor, o que encarece o produto final devido a custos com transporte – muitas vezes a distribuidora situa-se longe do produtor, obrigando a viagem do etanol combustível à central distribuidora e o seu retorno à região em que foi produzido para então ser comercializado - e remuneração dos agentes envolvidos nessa cadeia.

A tabela 1 apresenta a composição do preço do etanol para o Brasil no ano de 2011, considerando o preço médio de USD 1,11 por litro. Para o caso do etanol combustível, a carga tributária incidente sobre a cadeia de comercialização é superior a 30%, com destaque para o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), que atinge 18,2%. No Estado do Rio Grande do Sul a alíquota de ICMS alcança 25%.

**Tabela 1** – Composição do preço do etanol hidratado combustível

Item	Porcentagem
Preço final (postos)	100,0%
Custo e margem de lucro do produtor	55,7%
ICMS - substituição tarifária (posto)	3,5%
ICMS - distribuidor	2,0%
PIS/COFINS - distribuidor	5,4%
ICMS - produtor	18,2%
PIS/COFINS - produtor	2,2%
Margem de lucro - distribuidora	13,0%
Margem de lucro - postos	13,0%

Fonte: Rezende et al. (2011).

Analisando-se a tabela 1, observa-se que a competitividade do EHC frente a gasolina depende majoritariamente do custo e da margem de lucro do produtor uma vez que a alíquota dos impostos estaduais e federais incidentes sobre o EHC e sobre a gasolina são similares.

### 1.1 Processo produtivo do álcool etílico hidratado combustível

No Brasil, a produção sucroalcooleira tradicional concentra-se na região sudeste, especificamente em São Paulo. O modelo adotado nessa região caracteriza-se pela monocultura mecanizada, pois essa é uma região com clima e relevo favoráveis.

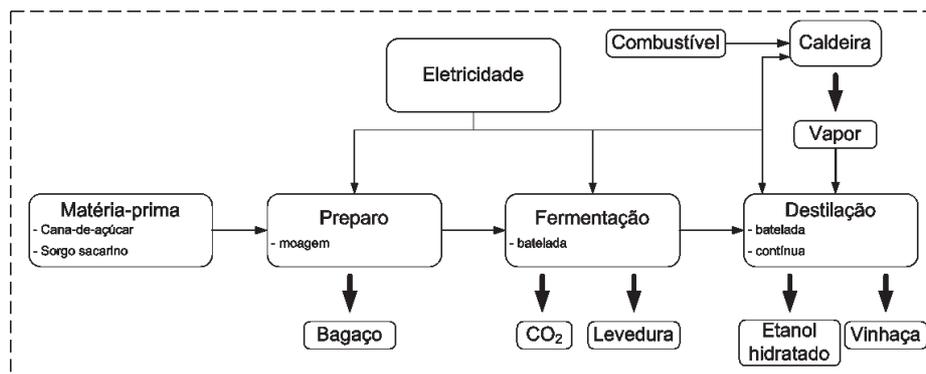
O Estado do Rio Grande do Sul, que se situa na região setentrional do Brasil, apresenta algumas áreas propícias ao cultivo da cana-de-açúcar. Essas regiões caracterizam-se por um relevo acentuado ou onde há o predomínio de pequenas propriedades, com produção agrícola baseada na mão-de-obra familiar. Assim, o modelo de produção em grande escala não pode e não deve ser aplicado nessas regiões, devendo-se buscar outro modelo, com características específicas e que potencialize as qualidades da pequena escala, como é o caso das microdestilarias.

A produção de etanol em pequena escala (PEPE) tem por característica principal fornecer localmente um combustível líquido e de qualidade, não havendo incidência de custos com transporte das distantes e tradicionais regiões produtoras. Além disso, os subprodutos da PEPE constituem-se em uma valiosa fonte de matéria-prima para outras atividades, como a criação de animais, produção de biogás, fertilizante líquido ou fonte natural de dióxido de carbono.

A tecnologia de PEPE pode ser entendida como uma simplificação daquela empregada em grande escala, dividida em quatro grandes setores: recepção de matéria-prima; obtenção de substrato para fermentação; fermentação;

e destilação. Existem ainda as utilidades, que compreendem a geração de vapor (incluída no setor de destilação) e eletricidade. A figura 2 apresenta o fluxograma do processo de produção de EHC e pequena escala.

**Figura 2** – Fluxograma da produção de EHC em pequena escala a partir de cana-de-açúcar ou sorgo sacarino.



O processo produtivo das microdestilarias apresenta rendimentos muito inferiores àqueles das grandes unidades em função da simplificação do processo, resultando em perdas significativas. No processamento de colmos açucarados (cana-de-açúcar e sorgo sacarino), a etapa de extração de caldo é a que apresenta maiores perdas (Tabela 2). Entre 25 e 30% dos açúcares fermentescíveis permanece no bagaço, o que indica a sua utilização como ração animal para aproveitamento do açúcar residual. De fato, esse subproduto pode representar uma parcela significativa das receitas de uma microdestilaria.

**Tabela 2** – Rendimento e produtividade industrial a partir de cana-de-açúcar e sorgo sacarino

Etapa	Cana-de-açúcar	Sorgo sacarino
Moagem (%)	70,0	70,0
Fermentação (%)	85,0	85,0
Destilação (%)	92,0	92,0
Rendimento (%)	55,2	55,2
Açúcares fermentescíveis (%)	14,5	10,6
Fibras (%)	13,5	16,5
Produtividade industrial (l/ton) (kg/ton)	56,7 (46,1)	41,4 (33,6)

Quanto à fermentação, Wu et al. (2010) e Whitfield et al. (2012) citam que em fermentações realizadas em laboratório é possível obter mais de 90% de conversão dos açúcares do caldo de sorgo sacarino em etanol, cuja duração varia entre 5 e 14 horas. O rendimento não ultrapassa 85% devido ao processo

ser em batelada e utilizar levedura de panificação para a conversão de açúcares, com grande ocorrência de contaminação.

As etapas de moagem e fermentação estão no limite superior de eficiência devido ao fato de que processos mais eficientes resultariam em custos proibitivos, ou seja, o ganho em rendimento não é suficiente para cobrir os custos envolvidos. Nesta etapa, os açúcares contidos no caldo extraído da matéria-prima são convertidos pelas leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) em etanol, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e matéria celular. O CO<sub>2</sub> liberado pode ser utilizado como fonte de carbono “limpo” para a produção de microalgas, como a *Arthrospira platensis*, que apresenta elevado teor de proteínas (FERREIRA et al., 2012). Esse gás também pode ser utilizado como insumo químico ou como gaseificante de bebidas (XU et al. 2010). Entretanto esses aproveitamentos apresentam certa complexidade técnica, o que atualmente dificulta sua aplicação em pequena escala.

Na etapa de fermentação, as leveduras produzidas são recirculadas enquanto a contaminação do meio fermentativo se mantiver em valores aceitáveis. Quando necessário, as leveduras são descartadas e substituídas por uma nova cultura. A solução de leveduras descartada pode ser direcionada como fonte de proteína para a ração animal (MATHEWS et al., 2011; OMAR et al., 2012).

O etanol é recuperado na etapa de destilação subsequente. Esta etapa apresenta elevado rendimento visto que a eficiência do destilador não depende da escala de processo. Existem destiladores de pequena escala que possuem menor eficiência, entretanto, o valor de 92% é mais condizente com um valor esperado. Comparando-se a PEPE com uma destilaria de grande porte, cujo rendimento atinge mais de 82%, observa-se que as microdestilarias apresentam um rendimento total para o processo aproximadamente 50% inferior a essas.

Em relação à concentração de açúcares na matéria-prima, esta pode parecer subestimada, mas refletem os valores médios encontrados no Estado. O valor apresentado para a cana-de-açúcar reflete a média histórica para o Brasil (MAPA, 2010). Para o caso do sorgo, o valor considerado difere bastante daqueles encontrados em outras fontes, cuja média situa-se entre 12 e 18% em massa (WU et al., 2010; TEETOR et al., 2011; RATNAVATHI, 2011), mas é o valor médio encontrado em cultivos na região de análise. Isso indica que pode existir um potencial para aumento da produção de açúcares fermentescíveis no sorgo sacarino.

A produtividade dos subprodutos de uma destilaria de pequena escala é apresentada na tabela 3. Destaca-se a elevada produção de vinhaça e de bagaço, que correspondem a aproximadamente 9,0 e 14,0 vezes a produção de etanol. A produção de dióxido de carbono também é significativa, na medida em que, devido ao metabolismo das leveduras, corresponde a aproximadamente a mesma massa de etanol produzido.

**Tabela 3** – Rendimento dos coprodutos

Coproduto	Produtividade (kg/ton)	
	Cana-de-açúcar	Sorgo sacarino
Bagaço	394,5	415.2
Vinhaça	676,4	636.4
CO <sub>2</sub>	44,4	32.3
Levedura <sup>a</sup>	4,0	3.9

<sup>a</sup>Levedura decantada mensalmente descartada devido à contaminação bacteriana da fermentação.

## 2. Materiais e métodos

A microdestilaria em estudo tem por característica utilizar cana-de-açúcar e sorgo sacarino como matéria-prima, uma vez que essas culturas apresentam um período de cultivo complementar. No Rio Grande do Sul, região de análise do investimento, o período de colheita do sorgo sacarino se estende de fevereiro a abril, enquanto o da cana-de-açúcar vai de maio a dezembro. Ao contrário das destilarias tradicionais, que operam durante 180 dias, as microdestilarias podem operar durante 330 dias por ano, o que otimiza a utilização da infraestrutura instalada.

Os valores monetários apresentados nesse estudo foram convertidos da moeda local (R\$) para dólar americano (USD) na cotação média de R\$ 2,00 para USD 1,00.

### 2.1 Estimativa dos custos

A microdestilaria em estudo possui capacidade de produção de 720 litros de etanol por dia, suficiente para suprir a demanda de transporte e trabalho mecânico agrícola (uso de trator) das pequenas propriedades rurais a ela relacionadas. Ainda, existe a possibilidade de comercialização do excedente com outras propriedades ou consumidores. A tabela 4 resume as principais informações técnicas operacionais para a microdestilaria. A produção durante 330 dias por anos resulta da utilização de duas matérias-primas que possuem períodos de colheita complementares.

**Tabela 4** – Considerações técnicas operacionais

Matéria-prima	Cana-de-açúcar	Sorgo sacarino
Capacidade industrial (l/dia) (kg/dia)	720 (583,9)	
Entrada de matéria-prima (ton/dia)	12,7	17,4
Dias de operação (dias)	240	90
Produção anual de etanol (l/ano)	172.800	64.800
Produção total de etanol (l/ano)	237.600	

A composição do custo unitário do EHC ( $C_{Et}$ ), em USD por litro de etanol, foi dividida em custo da matéria-prima ( $C_F$ ), custo do investimento ( $C_I$ ), custo de operação e manutenção ( $C_{O\&M}$ ) e receitas do coprodutos ( $C_{Co}$ ), como utilizado por Sorapipatana e Yoosin (2011). A equação 1 resume a composição dos custos. Todas as parcelas que compõe a equação 1 correspondem ao custo total da parcela dividido pelo volume de etanol produzido anualmente.

$$C_{Et} = C_F + C_I + C_{O\&M} - C_{Co} \quad (1)$$

### 2.1.1 Custo da matéria-prima ( $C_F$ )

O preço da matéria-prima pode flutuar consideravelmente devido a problemas climáticos, custo do frete e condições de oferta/demanda. A fim de avaliar essas incertezas, considerou-se uma estimativa de variação de  $\pm 50\%$  no preço da matéria-prima.

### 2.1.2 Custo do investimento ( $C_I$ )

O investimento na microdestilaria compreende a aquisição de um terreno, a construção civil e os equipamentos. O investimento em equipamentos compreende uma moenda, dornas de fermentação, uma coluna de destilação contínua para 30 l/h de etanol, além de bombas para transporte de líquido e todas as máquinas e dispositivos necessários ao funcionamento da microdestilaria, além de um sistema de biodigestão para o tratamento da vinhaça.

### 2.1.3 Custo de operação e manutenção ( $C_{O\&M}$ )

Os custos de operação e manutenção compreendem os custos com insumos para o processo (leveduras, nutrientes, produtos químicos), utilidades (água, eletricidade e lenha para a caldeira), mão-de-obra, manutenção e seguros.

### 2.1.4 Receitas dos coprodutos ( $C_{Co}$ )

O preço de venda do bagaço foi estimado como sendo proporcional ao teor de açúcares que contém, ou seja, representa uma fração do preço da matéria-prima. Além disso, deve-se remunerar melhor o bagaço de sorgo sacarino por apresentar menor teor de lignina (Whitfield et. al, 2012), o que representa maior digestibilidade como ração animal.

Como citado no item 2, o aproveitamento econômico do dióxido de carbono e da solução de leveduras não foi considerado nesse estudo. Maiores detalhes quanto à comercialização e tributação dos coprodutos serão apresentados no item 3.3.

### 2.1.5 Receita da venda de etanol

As receitas foram analisadas para dois cenários. No cenário 1, o etanol combustível, o bagaço e a solução de leveduras são comercializados em uma cooperativa, não havendo incidência de impostos sobre esses produtos.

No cenário 2 considerou-se a comercialização desses produtos no mercado, havendo incidência de impostos sobre o EHC, conforme a tabela 1. A alíquota do imposto incidente sobre o bagaço é de 4,5%, considerados somente para o Cenário 2. Por se tratar de uma pequena indústria tem uma taxação diferenciada.

O preço do etanol hidratado combustível deve cobrir os custos do processo, além de remunerar o investimento de forma a garantir um retorno mínimo de 12% ao ano, que é a taxa mínima de atratividade (TMA) considerada. Logicamente o preço final não pode exceder os valores praticados no mercado para o etanol e para a gasolina. Assim, existem dois limites de preço que devem ser obedecidos: o primeiro corresponde ao preço médio do etanol no mercado; o segundo, ao PEG, que corresponde a 70% do valor da gasolina. Os preços médios do etanol combustível e da gasolina, verificados no Rio Grande do Sul no ano de 2012, foram de USD 1,21 e 1,40 por litro. Então, o PEG foi de USD 0,98 por litro. Uma vez que o PEG é menor que o preço do EHC, este será o preço de referência utilizado como parâmetro comparativo de competitividade do EHC produzido em pequena escala. Assim, se o preço final do etanol combustível produzido na microdestilaria for maior do que o PEG, não haverá viabilidade econômica para o empreendimento.

## **2.2 Análise de viabilidade econômica**

A viabilidade econômica para os cenários 1 e 2 foi avaliada em função da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Valor Presente Líquido (VPL). Para comprovar a viabilidade econômica através da TIR, utilizou-se a TMA como referência, obtendo-se assim o preço mínimo do EHC que deve ser praticado para que o projeto apresente viabilidade econômica. Também foi avaliada a influência do custo da matéria-prima na viabilidade do projeto.

## **3. Resultados**

Os resultados estão divididos entre a apresentação dos custos de produção de etanol e a viabilidade econômica de uma microdestilaria para os dois possíveis cenários.

### **3.1 Custos**

#### **3.1.1 Custos da matéria-prima ( $C_p$ )**

O custo da matéria-prima reflete os valores praticados por fornecedores de cana-de-açúcar para agroindústrias de fabricação de açúcar mascavo (brown sugar), melado (molasses) e cachaça (sugarcane spirit). O preço do sorgo sacarino foi estimado como sendo o mesmo da cana-de-açúcar, pois não possui um preço de referência uma vez que não é uma cultura utilizada como matéria-prima industrial. Alguns produtores utilizam o sorgo sacarino para a produção de silagem de inverno e, principalmente, para a produção do sorgo em grãos, rico em amido. Os preços e os custos médios ( $C_p$ ) estimados para a matéria-prima são apresentados na tabela 5.

**Tabela 5** – Preços (USD/ton) e custos (USD/litro) mínimo, médio e máximo da matéria-prima.

Custos	Mínimo		Médio		Máximo	
	USD/ton	C <sub>F</sub>	USD/ton	C <sub>F</sub>	USD/ton	C <sub>F</sub>
Matéria-prima	13,75	0,27	27,50	0,53	41,25	0,80

### 3.1.2 Custos de investimento

O investimento total previsto para a microdestilaria com capacidade de 720 l/dia é de aproximadamente USD 198,000, referente ao ano de 2012. A tabela 6 resume os investimentos necessários nos diferentes setores do projeto.

**Tabela 6** - Investimentos

Investimento	Valor (USD)
Terreno	2.500,00
Construção civil	37.800,00
Equipamentos	131.030,00
Seguros	2.620,60
Capital de giro	15.000,00
Contingência	9.447,53
Total	198.398,13

O projeto em estudo pode ser financiado por uma linha especial do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que consiste no financiamento de até 80% do valor total do investimento em construção civil e equipamentos, a uma taxa de juros de 10,72% ao ano. O prazo para pagamento do empréstimo é de 192 meses, com 24 meses de carência.

O custo do investimento (C<sub>i</sub>) foi estimado anualizando-se os valores desembolsados para a amortização e pagamento de juros do empréstimo, conforme Sorapipatana e Yoosin (2011). O custo do investimento (C<sub>i</sub>) foi de USD 0,11 por litro de etanol.

### 3.1.3 Custos de operação e manutenção (C<sub>O&M</sub>)

Os custos com operação e manutenção foram determinados para os itens de preparo da matéria-prima, fermentação, utilidades e custos de mão-de-obra, operação e manutenção. O custo da água foi computado como nulo, pois seu custo depende somente do custo de bombeamento por se tratar de água de poço subterrâneo. Assim, o custo da água foi computado como custo com eletricidade. Os custos com mão-de-obra incluem todos os encargos trabalhistas. O custo de manutenção anual representa uma fração fixa do investimento em equipamento e obras civis, e o seguro foi calculado como fração do investimento fixo. Os valores obtidos para o C<sub>O&M</sub> considerando-se o custo mínimo, médio e máximo da matéria-prima foram USD 0,30, 0,28 e 0,25, respectivamente. A estrutura de custos de operação e manutenção considerando-se o preço médio da matéria-prima é apresentada na tabela 7.

**Tabela 7** – Custos operacionais ( $C_{O\&M}$ ) e receitas dos coprodutos ( $C_{Co}$ ) considerando o preço médio da matéria-prima.

Item	Unidade	Unidade/dia	Preço unitário (USD/unidade)	Gasto anual (USD/ano)	Custo unitário (USD/l)
I. Preparo da matéria-prima					
Água	kg	719,00	0,00	0,00	0,00
Sub-total				0,00	0,00
II. Fermentação					
Levedura	kg	0,09	50,00	1.544,40	0,01
Ácido sulfúrico	kg	1,40	0,55	254,83	0,00
Superfosfato	kg	1,08	0,33	117,61	0,00
Sulfato de amônio	kg	1,08	0,63	225,42	0,00
Óxido de cálcio	kg	10,28	0,05	235,62	0,00
Hidróxido de sódio	kg	0,01	1,50	3,56	0,00
Farelo de arroz	kg	0,36	0,50	59,40	0,00
Sub-total				2.440,85	0,01
III. Utilidades					
Lenha	ton	1,12	51,28	19.008,00	0,08
Eletricidade	kWh	108,00	0,15	5.346,00	0,02
Água	kg	3.000,00	0,00	0,00	0,00
Sub-total				24.354,00	0,1025
IV Mão-de-obra e O&M					
Operadores	three turns (72 hour-man/day)	7,00	525,00	44.100,00	0,19
Manutenção	3% of equip. and const.	-	-	5.318,15	0,02
Seguro	1% of fixed investment	-	-	1.983,98	0,01
Sub-total				51.402,13	0,22
Total					0,33
V. Receita co-produtos					
Dióxido de carbono	kg	562,08	0,00	0,00	0,00
Vinhaça	kg	9.249,71	0,00	0,00	0,00
Solução de levedura	kg	55,68	0,00	0,00	0,00
Bagaço	kg	5.603,53	12,93	-12.496,76	-0,05
Total					-0,05
Custo operacional líquido					0,28

### 3.1.4 Receitas dos coprodutos ( $C_{Co}$ )

Como mencionado na seção 2.1.4, o preço de venda do bagaço depende do teor de açúcares residuais e do tipo de matéria-prima. Considerou-se que o valor de venda do bagaço de cana-de-açúcar equivale a 2/3 do de sorgo sacarino e este, por sua vez, equivale a 30% do valor da matéria-prima, por conter 30% de açúcares residuais. As receitas dos coprodutos considerando-se os preços mínimo, médio e máximo para a matéria-prima foram de USD 0.03, 0.05 e 0.08 por litro de etanol, respectivamente.

### 3.1.5 Custo total do etanol combustível ( $C_{Et}$ )

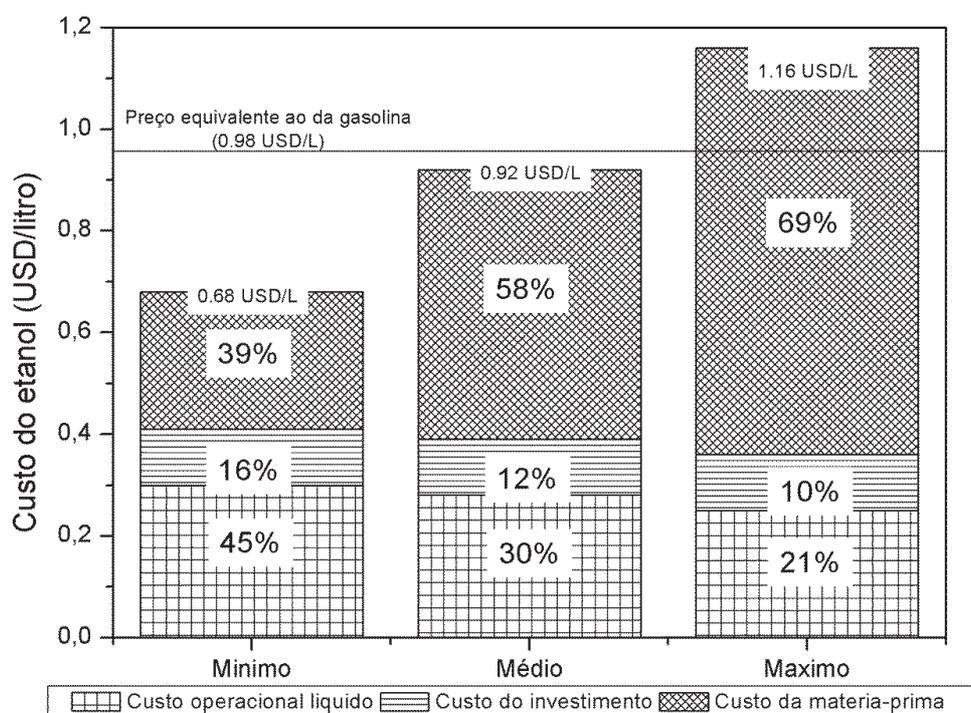
A composição dos custos de produção de etanol em função dos custos da matéria-prima é mostrada na figura 3. Observa-se que a parcela referente aos

custos de investimento é constante, mudando somente seu peso relativo na composição do custo do etanol, pois independe do custo da matéria-prima. O mesmo não ocorre com os custos operacionais líquidos, que tendem a diminuir na medida em que a receita com a venda do bagaço aumenta, pois tem seu preço atrelado ao da matéria-prima. A variação de  $\pm 50\%$  no custo da matéria-prima resulta na variação de  $\pm 26\%$  no custo total do etanol.

Os custos do etanol combustível para os casos de preço mínimo, médio e máximo da matéria-prima são de USD 0,68, 0,92 e 1,16 por litro, respectivamente. É importante ressaltar que sem a venda dos coprodutos os custos do etanol combustível aumentariam para USD 0,71, 0,97 e 1,24 por litro, para os casos de preços mínimo, médio e máximo da matéria-prima.

Considerando-se que no caso em que a matéria-prima apresenta valor máximo, o custo do EHC ficou acima do PEG (USD 0,98 por litro), não havendo viabilidade econômica para essa situação analisando-se os cenários I e II. Ainda, se o custo da matéria-prima ultrapassar USD 30,9 por tonelada, ou seja, um aumento de 12,4% em relação ao preço médio de USD 27,5 por tonelada, tornará o custo do EHC não competitivo, atingindo o limite de USD 0,98 por litro.

**Figura 3** – Estrutura de custos de produção de etanol em microdestilaria em função do custo da matéria-prima.



A título de comparação, se as perdas das microdestilarias fossem iguais aquelas das destilarias tradicionais, o custo do etanol combustível seria de USD 0.60, 0.80 e 0.92 considerando-se os preços mínimo, médio e máximo para a matéria-prima. Nesse caso, não haveria venda de coprodutos uma vez que a concentração de açúcar residual seria muito pequena, diminuindo seu valor nutricional.

### 3.2 Análise de viabilidade econômica

No item 3.1.5 ficou demonstrado que se o custo da matéria-prima aumentar em 12,4% não haverá viabilidade econômica ao empreendimento. Assim, será analisado somente o caso de preço médio para a matéria-prima, pois essa análise contempla o caso de preço mínimo, além de ser mais realista.

Os indicadores de viabilidade econômica são apresentados na tabela 8. Conforme a tabela 8, o preço de venda do etanol nos cenários 1 e 2 garante um retorno igual à taxa mínima de atratividade. No cenário 1, tendo por base o PEG, tem-se elevada competitividade econômica na comercialização ao público cooperado.

**Tabela 8** – Indicadores de viabilidade econômica para os cenários considerados

Produto	Preço unitário (USD por unidade)	
	Cenário 1	Cenário 2
Etanol hidratado combustível	0,933	1,357
Bagaço de cana-de-açúcar	5,50	5,75
Bagaço de sorgo sacarino	8,50	8,62
Indicador		
TIR	12%	12%
VPL	34.895,86	67.180,96

Em relação ao cenário 2, o valor de venda do etanol combustível supera consideravelmente o PEG, não sendo economicamente competitivo. Dessa forma, o valor de USD 1,357 por litro remunera adequadamente a microdestilaria, mas é comercialmente impraticável. Além disso, o PEG refere-se ao preço encontrado no posto de combustível, ou seja, inclui a remuneração e os impostos referentes ao produtor, distribuidor e posto de combustível, enquanto que o preço apresentado na tabela 8 refere-se aos custos, margem de lucro e impostos relacionados somente ao produtor. Estima-se que o custo final do etanol hidratado combustível ao consumidor - custo do etanol, margem de lucro e impostos referentes ao produtor, distribuidor e posto de combustível - seria de USD 1,67 e 2,44 para os cenários 1 e 2, respectivamente, tornando a venda impraticável.

#### 4. Conclusão

As ineficiências do processo de produção de etanol em microdestilarias impactam significativamente nos custos de produção, encarecendo o preço do etanol combustível. A matéria-prima é o principal componente do custo do etanol combustível produzido em pequena escala, tanto pelo peso relativo quanto pela flutuabilidade de custo, podendo, em alguns casos, tornar impraticável a comercialização do etanol. Assim, a extrema dependência do custo do etanol em relação ao da matéria-prima torna bastante volátil o panorama econômico de uma microdestilaria. Dessa forma, a venda dos coprodutos pode constituir-se em um importante gerador de receitas de maneira que deve ser considerado o aproveitamento do dióxido de carbono, da solução de leveduras e da produção de biogás e de fertilizante a partir da vinhaça, além da agregação de valor ao bagaço através da sua conversão em silagem. O aproveitamento desses coprodutos nada mais é do que transformar as ineficiências do processamento da matéria-prima em importantes receitas ao projeto.

Pode-se ainda pensar em aumentar os ganhos de eficiência na etapa de destilação uma vez que essa separação depende apenas de aperfeiçoamentos tecnológicos e modificações operacionais nos sistemas existentes.

Por tudo isso, esse estudo comprova que existe viabilidade econômica somente ao Cenário 1, cuja comercialização de produtos é através de cooperativas, ou seja, quando a comercialização entre o produtor e o consumidor final é direta e sem incidência de impostos. Mas mesmo esse cenário pode apresentar problemas se o preço da matéria-prima aumentar um pouco.

Observa-se que no atual cenário do estado do Rio Grande do Sul faz-se necessário um programa de incentivo às microdestilarias, com isenção de impostos sobre os equipamentos e redução na taxa de juro do financiamento. A produção de etanol em pequena escala pode ser uma importante ferramenta de desenvolvimento rural, pois agrega a produção de energia com a de alimentos de maneira capilarizada, contribuindo de forma intensa e decisiva para o desenvolvimento sustentável.

#### REFERÊNCIAS

- ANFAVEA, CARTA DA, Monthly newsletter issued by Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) - Brazil. January, nº. 308, 2012.
- Brazilian Energy Balance 2012 Year 2011, 2011. Empresa de Pesquisa Energética. Ministry of Mines and Energy. EPE, Rio de Janeiro.
- Ferreira, L. S., Rodrigues, M. S., Converte, A., Sato, S., Carvalho, J. C. M., 2012. *Arthrospira (Spirulina) platensis* cultivation in tubular photobioreactor: Use of no-cost CO<sub>2</sub> from ethanol fermentation. *Applied Energy*, vol. 92, p.379–385.
- MAPA, Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. *Agroenergy Statistical Yearbook 2010*. Available at [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Agroenergia/anuario\\_agroenergia/index.html](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/anuario_agroenergia/index.html). Accessed June 2012.
- MAPA, Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. *Brazilian exports of sugarcane complex (2001-2011)*. Available at <http://www.agricultura.gov.br>. Accessed May 2012a.

- MAPA, Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. Brazilian sugarcane, sugar and ethanol yield. Available at [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/atualizacao\\_20\\_01\\_2011/Producao\\_Mensal\\_Cana\\_Acucar\\_Alcool\\_Brasil.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/atualizacao_20_01_2011/Producao_Mensal_Cana_Acucar_Alcool_Brasil.pdf). Accessed May 2012b.
- Mathews, J. A., Tan, H., Moore, M. J. B., Bell, G., 2011. A conceptual lignocellulosic 'feed+fuel' biorefinery and its application to the linked biofuel and cattle raising industries in Brazil. *Energy Policy*, vol. 39, p.4932–4938.
- Omar, S. S., Merrifield, D. L., Kühlwein, H., Williams, P. E. V., Davies, S. J., 2012. Biofuel derived yeast protein concentrate (YPC) as a novel feed ingredient in carp diets. *Aquaculture*, vol. 330–333, p.54–62.
- Ratnavathi, C. V., Kalyana Chakravarthy, S., Komala, V. V., Chavan, U. D., Patil, J. V., 2011. Sweet Sorghum as Feedstock for Biofuel Production: A Review. *Sugar Tech*, issue 13, vol. 4, p.399–407.
- Rezende, A. J., Nakao, S. H., Abraão, G., 2011. Study on the fuel tax burden. *Nucleo de Estudos em Controladoria e Contabilidade Tributária*. University of São Paulo.
- Sorda, G., Banse, M., Kemfert, C., 2010. An overview of biofuel policies across the world. *Energy Policy*, vol. 38, p. 6977–6988.
- Sorapipatana, C., Yoosin, S., 2011. Life cycle cost of ethanol production from cassava in Thailand. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15 (2011) 1343–1349.
- Teetor, V.H., Duclos, D.V., Wittenberg, E.T., Young, K.M., Chawhuaymak, J., Riley, M.R., Ray, D.T., 2011. Effects of planting date on sugar, ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Ind. Crops Prod.* 34, 1293–1300.
- Whitfield, M. B., Chinn, M. S., Veal, M. W., 2012. Processing of materials derived from sweet sorghum for biobased products. *Ind. Crops Prod.*, vol. 37, p. 362- 375.
- Wu, X., Staggenborg, S., Propheter, J.L., Rooney, W.L., Yu, J., Wang, D., 2010. Features of sweet sorghum juice and their performance in ethanol fermentation. *Ind. Crops Prod.* 31, 164–170.
- Xu, Y., Isom, L., Hanna, M. A., 2010. Adding value to carbon dioxide from ethanol fermentations. *Bioresource Technology*, vol. 101, p.3311–3319.