

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL: CÁLCULO DO CUSTO UNITÁRIO EM PROCESSO POR BATELADAS.

Adriano Gomes Noelli, DCEAC – FURG, adriano.noelli@yahoo.com.br

Adriana Fumi Chim Miki, PPG em Geografia - FURG, adriana.miki@yahoo.com.br

Joaquín Ariel Morón Villarreyes, DQM – FURG, JoaquinAriel@gmail.com

Marcus Vinicius Spolle, PPG em Sociologia – UFRGS, sociomarcus@yahoo.com.br

Marcia Naomi Kuniochi, DBH – FURG, marcink44@yahoo.com.br

Rosilene Maria Clementin, DQM – FURG, dqmrmc@furg.br

Marcelo Gonçalves Montes D'Oca, DQM – FURG, dqmdoca@furg.br

RESUMO: A avaliação econômica do ciclo produtivo do biodiesel é um parâmetro fundamental em qualquer empreendimento de produção industrial de biodiesel. No projeto BIOSUL/Finep (Unidade demonstrativa para a produção de biodiesel de mamona no extremo-sul do RS) esta avaliação econômica consistiu de uma revisão da literatura técnica, a fim de encontrar um método de determinação do custo unitário (R\$/L) do biodiesel antes da tributação. O procedimento mais adequado foi o método de HAAS et al. (2006) que divide o cálculo em itens padrão como: custos de capital e custos de operação, facilitando o estudo e análise de cenários produtivos. Adotado esse método, ele foi adaptado às particularidades da tecnologia química do projeto BIOSUL, recebendo adaptações importantes quanto a aplicação da legislação trabalhista e ambiental brasileira. O método resultante, aqui apresentado, poderá ser utilizado em empreendimentos similares dentro do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.

Palavras-Chave: Biodiesel; Transesterificação Etilica, Custo Unitário, Processo Descontínuo.

INTRODUÇÃO

O mercado de combustíveis tem se mostrado receptivo na introdução de um novo padrão de energia. Esta recepção advém da busca por tecnologias limpas gerando biocombustíveis, chamados também de combustíveis renováveis, mas para introduzir este novo produto no mercado ele tem que ser economicamente viável.

A produção de biodiesel na usina do projeto BIOSUL é por transesterificação alcalina, que é uma tecnologia amplamente utilizada. Na usina analisada no método de Haas, os insumos são: óleo de soja, metanol, metóxido de sódio, ácido clorídrico e hidróxido de sódio. No contexto do projeto BIOSUL a micro usina opera com óleo de mamona, etanol, hidróxido de sódio e ácido sulfúrico, aplicando uma tecnologia desenvolvida pelo Laboratório Kolbe de Síntese Orgânica (LKSO) em conjunto com o Grupo de Engenharia Química (GEQ), ambos do Departamento de Química da Universidade Federal do Rio Grande - FURG. O fluxograma desta tecnologia (figura 1) mostra o processo descontínuo operado em bateladas.

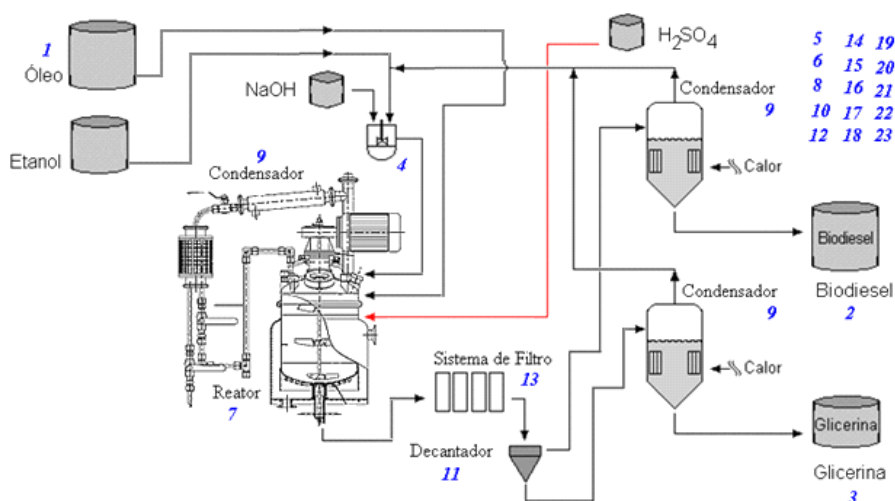
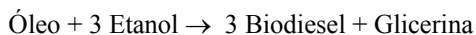


Figura 1: Fluxograma de processo de produção em batelada (153,45 litros de biodiesel)

A vantagem de se trabalhar com o processo de transesterificação etílica sobre os demais é que ela não possui restrições ou perigo de contaminação com o meio ambiente, além de ser o álcool etílico um produto nacional (PAGLIARDI et al. 2006).

Dimensionamento da batelada

No fluxograma da figura 2 a quantidade dos reagentes utilizados, na produção de biodiesel por batelada, é determinada pela estequiometria da transesterificação:



O cálculo estequiométrico é a base para o dimensionamento de uma batelada. Outros parâmetros técnicos necessários são: o volume do reator, as massas moleculares e as densidades dos reagentes apresentados abaixo.

Volume do reator	V = 200 litros	
Óleo de mamona	M = 928,40 g/mol	$\rho = 0,9550 \text{ g/cm}^3$
Etanol	M = 46,00 g/mol	$\rho = 0,7890 \text{ g/cm}^3$
Biodiesel de mamona	M = 324,85 g/mol	$\rho = 0,9145 \text{ g/cm}^3$
Glicerina	M = 92,00 g/mol	$\rho = 1,2300 \text{ g/cm}^3$ (87%)
Hidróxido de sódio	M = 40,00 g/mol	$\rho = 2,13 \text{ g/cm}^3$
Ácido sulfúrico	M = 98,08 g/mol	$\rho = 1,834 \text{ g/cm}^3$

Estes reagentes são processados no reator a uma temperatura de 60° C sob agitação mecânica (100 a 300 rpm) e com 100% de excesso de etanol em relação à estequiometria. Procurando respeitar o volume nominal do reator e o nível líquido dos reagentes no recipiente, as quantidades dos reagentes a serem adicionadas são calculadas da seguinte maneira:

- Arbitra-se um volume de óleo a ser processado, por exemplo:
140L de óleo = 133,7kg = 0,144 mols
- Sendo que cada mol de óleo deve reagir com 6 mols de etanol, tem-se:
 $6 (0,144) = 0,864 \text{ mols} = 39,74 \text{ kg} = 50,377 \text{ L}$
- O catalisador, que é 1% da massa de óleo processado, é 1,34kg de NaOH que ocuparia um volume de 0,615 litros.
- Após a reação, a mistura é neutralizada estequiometricamente com ácido sulfúrico perfazendo 1,64 kg de H_2SO_4 , massa que ocupa 0,894 litros.
- Logo, o volume total ocupado pelos reagentes será de $140 + 50,377 + 0,615 + 0,894 = 191,886$ litros. Isso representa 96% do volume total do reator. Caso este volume for ultrapassado, outro valor deverá ser arbitrado e o procedimento repetido.

Aplicando o procedimento acima se determina as quantidades de reagentes para uma batelada como mostra a tabela 1. Esta também apresenta a quantidade de produtos da reação (biodiesel e glicerol).

Tabela 1: Matéria-prima e produtos em uma batelada de biodiesel.

Matéria Prima	kg/batelada	Litros/batelada	kmol/batelada
Óleo de mamona	133,70	140,00	0,144
Etanol	39,74	50,38	0,864
Catalisador (NaOH)	1,34	0,615	0,0335
Ácido sulfúrico (H_2SO_4)	1,64	0,894	0,0167
Produto e subproduto			
Biodiesel	140,34	153,45	0,432
Glicerina	13,25	10,77	0,144
Etanol (excesso)	19,87	25,19	0,432

Dimensionamento da empreitada.

Neste trabalho, devido à operação ser descontínua e dependente da safra, os cálculos serão realizados considerando o conceito de trabalho por empreitada (*piecework*). Especificamente na safra de 2007 (Plantio: Out-Dez. 2006. Colheita: Abr-Jun. 2007), que envolveu 17 propriedades de agricultura familiar somando um total de 34 hectares, foram

obtidas 5.075,50 kg de baga. As famílias receberam 0,80 R\$/kg baga, ficando com produtividade média de 149,3 kg baga/ha. Notar que a média nacional é de 727 kg baga/Ha.

Considerando que a baga tem um rendimento de 25% óleo, a safra 2007 representa aproximadamente 1.268,88 kg de óleo de mamona (1.328,67 litros). De acordo com a capacidade da usina BIOSUL, este volume de óleo poderá ser processado em 10 bateladas (1.328,67/140≈10 bateladas/safra).

É evidente que o total de insumos e de produtos (tabela 1) é dependente do número de bateladas que comporta a safra. Se numa batelada se produzem 153,45 litros de biodiesel, significa uma produção de 1.534,50 litros do biocombustível na safra 2007.

Supondo que podem ser feitas, no máximo, 4 bateladas/dia, seriam necessários 3 dias de trabalho temporário (10/4≈3 dias) para processar a safra de 2007. Este pressuposto será utilizado em todos os cálculos doravante.

Aplicação e adaptação do método.

Haas aplica seu método a uma usina de grande porte e de produção contínua. Na realidade do projeto BIOSUL o item mão-de-obra foi adaptado para o trabalho por empreitada. Neste sentido se deve prestar atenção ao fato de que alguns custos como água e energia dependem da batelada e outros, como a mão-de-obra, dependem dos dias trabalhados.

O dimensionamento da batelada (tabela 1) facilita o levantamento dos custos da matéria-prima. Estes que junto com as utilidades e custos básicos de operação, correspondentes ao município de Rio Grande - RS, estão na tabela 3. A tabela 2 mostra uma pesquisa de preços dos reagentes de três fornecedores, sendo que foram escolhidas as melhores ofertas considerando as restrições de compra em função da quantidade necessária ao processamento (em negrito).

Tabela 2: Pesquisa de preços de reagentes (R\$/kg)

Reagentes	Gotuzzo	WF	QD ^c	BIOSUL ^d
Óleo de mamona			3,80	3,20
Etanol anidro comercial	5,99 ^a	4,56^b	1,35	-
Hidróxido de sódio (escamas)	10,15	8,00	2,65	-
Ácido sulfúrico	7,45	8,72	0,93	-
Data levantamento	Nov. 2007	Nov. 2007	Fev. 2005	-

^a Marca Synth. Comercializado em tambores de 20 litros. Frete incluso.

^b Marca Farmaquímica. Comercializado em tambores de 50 litros. Frete incluso.

^c Preços a granel, em São Paulo, sem considerar impostos. O óleo de mamona é refinado. Segundo a revista *Química e Derivados*, Fevereiro, 2005.

^d Preço estipulado pelo projeto BIOSUL como incentivo social ao pequeno agricultor.

Na tabela 3, o custo da energia elétrica foi fornecido pela CEEE e o custo do metro cúbico de água foi fornecido pela CORSAN, ambas as firmas distribuidoras, respectivamente, de energia elétrica e água do município de Rio Grande-RS.

O tratamento de efluentes é uma obrigação industrial por razões ambientais e legais. Devido a usina estar em fase de instalação, alguns custos ainda não foram verificados, assim na falta de dados específicos, estes gastos foram estimados utilizando valores proporcionais, mil vezes menores que os utilizados por Haas.

Tabela 3: Preços de insumos e utilidades (região de Rio Grande, RS - Brasil).

Item	R\$
Materiais	
Óleo de mamona bruto ^a	3,20 R\$/kg
Etanol anidro comercial	4,56 R\$/kg
Hidróxido de sódio (escamas)	8,00 R\$/kg
Ácido Sulfúrico	7,45 R\$/kg
Utilidades	
Eletricidade	0.2857 R\$/KWh
Tratamento de efluentes (água)	190,20 R\$/ano
Água de processo	3.12 R\$/m ³
Custos adicionais de operação	
Mão de obra (auxiliar de operação)	2 pessoas
Taxa base para operador de planta	16,00 R\$/dia
Mão-de-obra para manutenção	
Supervisão técnica (Engenheiro responsável)	70,00 R\$/dia
Benefícios trabalhistas (INSS)	20.0% da remuneração
Provisões para operação	
Provisões para manutenção	1.0% do custo de capital
Materiais administrativos	0.5% do custo de capital anual
Taxas sobre a propriedade intelectual	0.1% do custo de capital anual
Seguros	0.5% do custo de capital anual

^a Considerando que a baga apresenta um rendimento de 25% óleo.

A capacidade de produção da usina BIOSUL, sendo atrelada a oferta de mamona em níveis de agricultura familiar (34Ha), implica numa instalação de pequeno porte (200 L/batelada) sendo suficientes 3 trabalhadores (1 engenheiro e 2 auxiliares).

Os gastos com mão-de-obra da usina de Haas, que é de produção contínua, envolvem benefícios que não se aplicam na usina BIOSUL devido à falta de oferta contínua de óleo de mamona. Sendo assim, a tabela 3 apresenta valores adaptados ao processo descontínuo seguindo a legislação trabalhista brasileira.

Os percentuais de gastos referentes a provisões para manutenção, materiais administrativos, taxas sobre a propriedade intelectual e de seguros foram transformados para a realidade BIOSUL.

Custo de capital

O custo de capital do projeto BIOSUL é o somatório de todos os gastos para a construção da planta mencionada no fluxograma da figura 1. Esta planta foi adquirida por chamada pública da FINEP (MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2006), envolvendo também a EMBRAPA-CPACT e a UFPEL, além dos departamentos de Química,

História e Economia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Os valores deste item são oriundos da FINEP e da FURG e estão discriminados abaixo na tabela 4.

Tabela 4: Custos de capital para a construção de uma usina de biodiesel etílico de mamona. (Capacidade 153,45 L/batelada=140,34 kg/batelada) (Safrá 2007=10 bateladas=1.534,50 L)

4.1.- TANQUES DE ARMAZENAMENTO	#	R\$
Tanque de armazenamento: Óleo de mamona 1000 L.	1	
Tanque de armazenamento: Biodiesel 1000 L.	2	
Tanque de armazenamento: Glicerol 1000 L.	3	
Tanque de mistura: Para adição de reagentes.	4	
Tanque receptor: Condensado 20L com visor.	5	
Bomba de transferência de fluido: A vácuo, 40m ³ /h tipo anel líquido.	6	
4.2.- EQUIPAMENTOS		
4.2.1.- Processo		
Reator 200 litros: Cilíndrico vertical de DxH=634mmx634mm, Em aço inoxidável AISI 316, acabamento com polimento espelhado. Tampo superior flangeado removível em aço inoxidável AISI 316. Camisa externa para aquecimento por fluido térmico ou água pressurizada a 150 L#. Motor de agitação de rotação variável até 300 RPM, eixo desmontável sem mancal de fundo com agitador composto de três conjuntos de hélices de três pás de ângulo variável, vedação do eixo por selo mecânico de carbono tungstênio refrigerado.	7	
Válvula de fundo com fechamento manual, saída vertical, tipo esfera 02” guarnição de teflon molibdênio para saída de produto com esfera próximo ao fundo, e outro idem 01/2” com esfera bloqueada para tirada de amostra sob vácuo e mais três luvas de 01/2” para as seguintes funções: duas de gás inerte e outra para termo resistência PT100.		
Bocal para iluminação: luminária a prova de explosão.		
Boca de vista e inspeção: abre / fecha rápido, com visor de vidro boro silicato temperado 4”.		
Suporte do aparelho: construído em tubos de aço carbono, projetada para suporte de aparelhos e instrumentos.		
Válvula de segurança: tipo mola de aço inox AISI 316. Monovácuometro e termômetro analógico tipo petroquímico mostrador de 3” inox.		
Entradas auxiliares: duas de fecho rápido 01” com tampão inox e uma de 3” saídas de gases.		
Tampão 06” para eliminação de agitador.		
Coluna Raschig: Diâmetro com visores de fluxo e pré-condensador.	8	
Condensador tubular: De superfície horizontal.	9	
Visor de linha: Com entrada de condensador e saída para separador de fases.	10	
Decantador: Separador de fases e retorno de fluxos, em aço inox em tubo de boro silicato AISI 304.	11	
Decantador estático: De polipropileno com visor de vidro, capacidade de 200L	12	
Sistema de filtração do óleo: Com bomba de transferência para eliminação de sais resultantes na neutralização.	13	
4.2.2.- Utilidades		
Sistema de resfriamento: Piscina de 15 000 L em fibra de vidro.	14	
Sistema de aquecimento: Por resistências elétricas. Tipo bainhas tubulares blindadas de aço inoxidável, tanque de expansão, com visor de nível e moto bomba de circulação com selo mecânico refrigerado, apta para trabalhar com água pressurizada a temperatura de 150° C ou fluido térmico ate 310°.	15	
Sistema de Controle Automático CCM: Controle e comando de caixa metálica fechada a prova de pingos, controlador de temperatura de aquecimento por bulbo tipo PT100 com leitor de temperatura de massa e fluido térmico em cascata, ambos com indicação digital, comando do aquecimento por módulo de potência tiristorizada. O processo deve ser controlado por PLC local ou via software supervisorio desenvolvido preferencialmente para MS Excel. Acesso a visualização e controle das variáveis do processo em tempo real, gráficos do processo de alta precisão, capacidade para cálculo da linha de tendência exibindo a equação e o valor de R-quadrado. Recursos de banco de dados e históricos do lote incluindo reagentes empregados, identificação do operador etc.	16	
Balança eletrônica: Capacidade de 1500 kg.	17	
Sistema de distribuição elétrica (SAMC/FURG):	18	
4.3.- OUTROS CUSTOS		
Instalação		
TOTAL		100 000,00

Tabela 5: Custos de produção de biodiesel etílico de mamona.

Descrição	Qtde/batelada	R\$/batelada	R\$/safra	R\$/litro	%
5.1.- MATÉRIA-PRIMA					
Óleo de mamona bruto	133,70 kg	427,84	4.278,40		
Etanol	39,74 kg	181,21	1.812,14		
Hidróxido de sódio (escamas)	1,34 kg	0,72	107,20		
Ácido Sulfúrico	1,64 kg	12,22	122,18		
Água	2,28 m3	7,11	71,14		
Sub total		639,11	6.391,06	4,16	78,46
5.2.- UTILIDADES					
Eletricidade	4,09 kWh	1,17	11,69		
Tratamento de água efluente		0,38	3,80		
Sub total		1,55	15,49	0,01	0,19
5.3.- MÃO-DE-OBRA (custo por dia)					
Salários		102,00	306,00		
Impostos INSS (20%)		20,40	61,20		
Sub total		122,40	367,20	0,24	4,51
5.4.- OPERAÇÃO E MANUT.					
Gastos laborais – EPI		234,81	234,81		
Gastos com manutenção		12,50	12,50		
Sub total		247,31	247,31	0,16	3,04
5.5.- SERVIÇOS GERAIS					
Geral e administração		500,00	500,00		
Taxas sobre prop. intelectual ¹		0	0		
Seguros sobre a propriedade		500,00	500,00		
Sub total		1000,00	1000,00	0,65	12,28
5.6.- DEPRECIACÃO (custo/dia)					
10% /ano do custo de capital ²		41,67	125,01		
Sub total		41,67	125,01		
Custo bruto de operação			8.146,07	0,08	1,53
5.7.- CRÉDITO PELO CO-PRODUTO					
Glicerol (@ 80%) ^a		0	0	0	0
Custo líquido de operação			8.146,07	5,31	100,00

¹ Não se aplica pois não há registro de marca ou similar neste projeto.

² A empresa Meridional TCS Ind. e Com de óleos S.A. (Londrina, PR) compra o glicerol 80% a 450 R\$/t. Valor fornecido pela empresa em 03/03/2008. O frete até Ponta Grossa, PR é por conta do vendedor, o que inviabiliza a comercialização devido a pequena quantidade gerada no processo.

Custo de operação

Os custos de operação são os gastos que uma fábrica tem para se manter operando (custo variável). No projeto BIOSUL, este item é composto por 7 subdivisões que são: matéria-prima, utilidades, mão-de-obra, operação e manutenção, serviços gerais, depreciação e crédito pelo co-produto (retorno obtido pela venda de subprodutos como glicerol e etanol hidratado). Estes são detalhados na tabela 4.

No âmbito do projeto BIOSUL, 78,46% dos custos operacionais da usina correspondem à matéria-prima e 4,51% à mão-de-obra. O custo unitário do biodiesel de mamona para a usina BIOSUL será $R\$ 8.146,07 / (10 \times 153,45) = 5,31$ R\$/litro, como consta ao final da tabela 5.

Matéria-Prima

Esta seção é composta pelos gastos referentes ao óleo de mamona, etanol, hidróxido de sódio, ácido sulfúrico e água de processo. Para encontrar o custo por batelada, a quantidade de insumos é determinada pela estequiometria conforme procedimento descrito no item Dimensionamento da Batelada. Esta quantidade é multiplicada pelos respectivos preços (R\$/kg) e os valores obtidos mostram o custo de cada insumo na batelada.

O consumo de água de processo por litro de biodiesel na usina de Haas é dado pela fração:

$$(1124 / 2) / 37853 = 0,015 \text{ m}^3 \text{ de água / litro de biodiesel}$$

A água de processo consumida na usina BIOSUL obteve-se por cálculo proporcional a este valor, encontrando-se:

$$0,015 \times 153,45 = 2,28 \text{ m}^3 \text{ de água / batelada}$$

Como a CORSAN, distribuidora de água local, cobra 3,12 R\$/m³ de água distribuída. Então, uma batelada gasta R\$ 7,11 em água.

Utilidades

Esta seção contabiliza os gastos com energia e tratamento de efluentes. Haas utiliza 1008×10^3 KWh de energia para produzir $37,853 \times 10^6$ litros de biodiesel, ou seja:

$$1008/37853 = 0,027 \text{ KWh/L de biodiesel}$$

A quantidade de energia elétrica gasta pela usina BIOSUL, obteve-se por cálculo proporcional a este valor, encontrando-se:

$$0,027 \times 153,45 = 4,14 \text{ KWh/batelada}$$

Na região de Rio Grande a CEEE, distribuidora de energia elétrica, cobra 0,2857 R\$/KWh distribuído. Então, os gastos com energia elétrica serão de 1,18 R\$/batelada.

O tratamento de efluentes é uma obrigação industrial, não apenas pela preservação ambiental, mas também para se prevenir de multas. O projeto americano gasta US\$ 50.000,00 para tratar $37,853 \times 10^6$ litros de biodiesel, ou seja:

$$50.000,00 / 37,853 \times 10^6 = 1,32 \text{ US\$ / mil litros de biodiesel.}$$

Como a batelada da usina BIOSUL produz 153,45 L de biodiesel, o gasto com o tratamento de efluentes será de 0,20 US\$/batelada ou 0,38 R\$/batelada (Cotação do dólar em Setembro de 2007: 1,90 R\$/US\$).

Mão-de-obra

Esta é a seção leva em conta, além da remuneração paga, a legislação trabalhista brasileira. A mão-de-obra foi contratada por regime de trabalho autônomo, de acordo com o processo descontínuo de produção, sendo pagos por Recibo de Pagamento ao Autônomo (RPA) que é um comprovante de pagamento, tanto para a fábrica quanto para o trabalhador e

que não considera o vínculo trabalhista, segundo a Instrução normativa INSS/PRES nº 20/2007, art. 5, inc. XXV (BRASIL, 2007). Esta mão-de-obra é composta de três trabalhadores:

- Um engenheiro químico responsável pela produção, cujos vencimentos são calculados segundo uma faixa salarial estabelecida normalmente por um sindicato em acordo coletivo de trabalho, conforme Lei nº 4.950-A/66 (BRASIL, 1966). A faixa salarial média de um engenheiro químico é de R\$ 2.100,00 mensais, logo os vencimentos sob o dia de trabalho seriam de R\$ 70,00. Sobre a remuneração paga recolhe-se a contribuição patronal para a previdência social (INSS) de 20% sobre os vencimentos, ou seja, R\$ 14,00 por dia. Com isso, o custo com o trabalho do engenheiro, por dia, será de R\$ 84,00.

- Dois auxiliares que fazem o trabalho operacional, cujos vencimentos também seguem uma faixa salarial estabelecida por sindicato em acordo coletivo. Esta faixa é de R\$ 479,60 mensais, logo, por um dia de trabalho, o auxiliar químico recebe R\$ 16,00. Somados aos 20% de INSS patronal, o valor final pago, para cada auxiliar, será de R\$ 19,20 dia. Como são 2 auxiliares de produção, os gastos da usina para cada dia de produção fica no total de R\$38,40. Finalmente, o gasto diário com mão-de-obra dos três trabalhadores (item mão-de-obra da tabela 4) é:

$$1,20 \times (70,00 + 2 \times 16,00) = R\$122,40$$

Como a mão-de-obra depende do número de dias trabalhados, este valor fica expresso como 122,40 R\$/dia e que multiplicado pela quantidade de dias, da empreitada, estima o valor total deste item.

Mão-de-obra com vínculo trabalhista

Caso a usina BIOSUL contratasse seus trabalhadores através de vínculo empregatício, os gastos neste item seriam constituídos de todos os encargos e vantagens trabalhistas previstos na CLT, além do custo com adicional de insalubridade, visto que o trabalho em indústria química é considerado trabalho insalubre ou perigoso. Na tabela 6 apresentamos os referidos cálculos, tendo sido usado neste ensaio grau médio de insalubridade (20% do salário mínimo nacional).

Tabela 6: Custo anual em processo contínuo com vínculos trabalhistas

Trabalhador	Salário	Insalubridade	13a.	Adicional férias	Total ano	INSS ²	FGTS ³	Custo total /ano
Engenheiro	2.100,00	80,00	2.180,00	719,40	29.059,40	8.078,51	2.324,75	39.462,67
1º Auxiliar	479,60 ¹	80,00	559,60	184,67	7.459,47	2.073,73	596,76	10.129,96
2º Auxiliar	479,60	80,00	559,60	184,67	7.459,47	2.073,73	596,76	10.129,96
TOTAL GERAL								R\$ 59.722,58

¹ salário base para trabalhador na indústria química no RS, em 2007.

² Alíquota de INSS patronal 20% + contribuição de terceiros 5,8% + SAT 2%

³ Fundo de garantia por tempo de serviço = 8%

O total gasto com o pagamento de mão-de-obra, caso a usina contratasse, com vínculo empregatício seus empregados, seria maior que o gasto com mão-de-obra avulsa. Sendo mais racional optar, no caso BIOSUL, pela contratação por RPA.

Operação e Manutenção

A seção Operação e Manutenção é um custo fixo. Numa empreitada, os gastos com a operação devem ser realizados com equipamentos de proteção individual (EPI), como botas, luvas, roupas especiais etc. e são contabilizados uma só vez.

Tabela 7. Custo do kit de vestuário laboral- EPI.

Itens	R\$
Vestimenta completa	45,03
Capacete pop simples novel laranja	4,19
Bota borracha s/forro cano médio Vulcabras preta N° 38	19,70
Luvas 5 dedos raspa/nylon Tecmater	4,52
Óculos ampla visão valvulado Kalipso incolor	4,83
TOTAL	78,27

Empresa Tecmater Equipamentos de Proteção Industrial, Pinhais - PR. (Dez 2007)

A tabela 7 mostra o kit de vestuário laboral a ser utilizado por trabalhador. O total de kits varia conforme o número de trabalhadores (ver tabela 2). Sendo 3 operários, este custo fica:

$$78,27 \text{ R\$/pessoa} \times 3 \text{ pessoas} = \text{R\$ } 234,81$$

Os gastos com Manutenção são previstos de forma específica para casos de falha em equipamentos. Na usina BIOSUL, esta margem segue o método de Haas, porém fazendo um rateio do percentual indicado (anual) por quantidades de operações possíveis ao ano. Percentual anual de 1% do custo de capital, ou seja, R\$ 1.000,00. Assim:

$$\begin{array}{lcl} \text{Nr. Operações ano} & = & 240 \text{ dias ano} / 3 \text{ dias por operação} = 80 \text{ operações / ano} \\ \text{Custo manutenção biosul} & = & 100.000 \times 1\% / 80 = \text{R\$}12,50 \text{ por operação} \end{array}$$

Os valores gastos com operação (R\$ 234,81) e manutenção (R\$ 12,50), somados, formam os gastos desta seção (R\$ 247,31), que representam 3,04% do custo total.

Serviços Gerais

Nesta seção, também não há variação de gastos, pois se utiliza uma previsão para a compra de materiais administrativos em geral (canetas, folhas, calculadoras, carimbos etc.). A previsão de gastos, nesta ordem, foi de 0,5% do custo de capital, ou seja, R\$ 500,00. Este item será mantido o custo anual pois estes insumos são necessários a todo empreendimento inicial e o excedente pode ficar em estoque.

A propriedade intelectual pelo método original usa valor de 0,1% do custo de capital, no entanto o projeto BIOSUL não considera este item.

Os gastos com seguros serão medidos conforme o método original, no percentual de 0,5% do custo de capital anual, ou R\$ 500,00.

Depreciação

Esta seção contabiliza o desgaste natural sobre o uso das máquinas da usina. Existem diversos sistemas para se calcular a depreciação dos equipamentos, no entanto, para este trabalho adotou-se o método proporcional de base fixa (BUARQUE, 1989).

O valor padrão da depreciação é 10%/ano do custo de capital de uma fábrica, porém como a oferta de óleo de mamona advinda da agricultura familiar limita a produção, a usina não trabalha o ano inteiro. Neste caso fez-se uma escala para calcular o desgaste sofrido pela fábrica utilizando uma fração correspondente ao funcionamento anual. Como se pode fazer 4 bateladas por dia, considerando que o ano possui 240 dias trabalháveis, pode-se, no ano, trabalhar com 960 bateladas. Como cada batelada produz 153,45 litros de biodiesel, a capacidade de produção da usina é:

$$153,45 \times 4 = 613,80 \text{ litros/dia} = 147.317,19 \text{ litros/ano}$$

A medida padrão da depreciação é 10% do custo de capital ao ano, ou R\$ 10.000,00 para produzir 147.317,19 litros de biodiesel correspondendo a uma fração de 10.000 R\$/147.317,19 L de biodiesel. Multiplicando esta fração pela produção diária, encontra-se a depreciação dos equipamentos por dia de uso igual a:

$$\frac{10.000}{147.317,19} \times 613,80 = 41,67 \text{ R\$/dia}$$

Esta seção é proporcionalmente dependente dos dias de uso da usina.

Crédito pelos co-produtos

A tabela 4 mostra que após a reação química, além do biodiesel, forma-se 13,25 kg de glicerol junto com 25,19 litros de etanol recuperados a cada batelada.

No cálculo do custo de produção, o crédito pelos co-produtos reduz o preço unitário se vendidos o glicerol e o etanol em excesso (hidratado). Assim, uma usina de biodiesel é também uma usina de álcool hidratado.

Pela legislação atual, as usinas de biodiesel não podem vender o álcool hidratado às distribuidoras e isto vem acarretando um aumento dos custos industriais na produção de biodiesel (VEDANA, 2007). Desta forma, estuda-se no projeto BIOSUL o reaproveitamento do etanol, em excesso, com a possibilidade da sua retificação dentro da própria usina. Não se dispõe, ainda, de uma avaliação econômica para esse procedimento.

A glicerina é comercializável, por ser matéria-prima de produtos de limpeza e outros. Contudo, esta glicerina não é pura e sua composição pode ser considerada com 80% de

pureza. A empresa Meridional TCS Ind. e Com de óleos S.A. (Londrina, PR) compra o glicerol 80% a 0,45R\$/kg (valor foi fornecido pela empresa em 03/03/2008). O frete até Ponta Grossa, PR é por conta do vendedor. Caso a glicerina chegue com um percentual de pureza diferente, o valor será proporcional ao de 80%. Como cada batelada produz 13,25 kg, pode-se abater do custo total R\$ 5,96 por batelada.

No quadro descrito torna-se inviável a comercialização deste co-produto no processo da BIOSUL devido ao custo do transporte versus quantidade de Glicerol tornar negativo este retorno. A opção de acumular com outras safras a fim de obter maior quantidade e desta forma reduzir o impacto do custo do transporte não pode ser avaliada neste momento, pois não há histórico de produção contínua de safras agrícolas de mamona no município de Rio Grande. Desta forma o co-produto ficará a disposição da Universidade para uso em pesquisas.

Caso o Brasil se torne um grande produtor de biodiesel, haverá um aumento significativo na oferta de glicerina no mercado interno. Isto, segundo Rathmann et al.(2006), fará com que o preço do glicerol caia num primeiro momento, tornando-se necessário que os centros de pesquisa e as universidades comecem a buscar novos usos para este produto, e assim equilibrando este mercado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após adaptação e aplicação do método de Haas, foi confeccionada uma planilha de cálculo para facilitar a simulação de alguns cenários. Os cenários considerados levam em conta principalmente a possibilidade de o projeto BIOSUL melhorar o seu desempenho na produtividade por hectare, possibilidade baseada no fato de que na safra 2007 observou-se que alguns produtores participantes no projeto obtiveram valores próximos da média nacional. Isto indica que é possível um maior número de produtores atingirem maior produtividade e talvez se aproximarem da média nacional estimada, segundo dados do trabalho de FREITAS & FREDO (2005), em 727 kg de baga por hectare. A maior produtividade brasileira corresponde ao estado de Minas Gerais com uma média de 1522 kg/Ha. A seguir são definidas as condições estipuladas para cada cenário a ser estudado.

Cenário 1

Neste cenário é calculado o preço unitário do biodiesel (R\$/litro) aplicando o método de Haas da maneira mais fiel possível apenas adaptado para usina em bateladas. Consideram-se custos administrativos, reservas de custos para manutenção, depreciação, etc. A safra 2007 no projeto BIOSUL, forneceu 5.075,50 kg de baga procedente de 34 hectares (produtividade: 149,30 kg/Ha) e um custo de 5,31 R\$/litro de biodiesel. Se toda a área plantada do projeto

atingisse a média da produtividade nacional este preço seria de 4,53 R\$/litro como se mostra na figura 2a.

Cenário 2

Dentro do contexto BIOSUL, que foi concebido para a realização de pesquisas multidisciplinares e não para a produção mercantil, podem ser omitidos os custos administrativos, reservas de custos para manutenção e depreciação. Aplicando estas suposições, o preço do biodiesel fica em 4,89 R\$/litro. Supondo ainda neste cenário, que as 34 hectares atingissem a média nacional o preço seria de 4,48 R\$/litro. Estes valores estão mostrados na figura 2b junto com outras produtividades.

Cenário 3

O preço unitário do biodiesel é calculado supondo que a compra de reagentes, exceto o óleo de mamona, pode ser feita a preços de granel. Esses preços são realmente atrativos, porém os insumos devem ser comprados em grandes quantidades (líquidos acima de 10.000 litros e sólidos em toneladas) sendo o frete por conta do comprador (ver tabela 2). A figura 2c, a seguir, mostra a sensibilidade da produtividade sobre o preço do biodiesel (com e sem reservas custos para manutenção e depreciação). Percebe-se que o cenário 3 é apresentado apenas com fins comparativos, pois no contexto BIOSUL a compra de insumos a preços de granel seriam inviáveis.

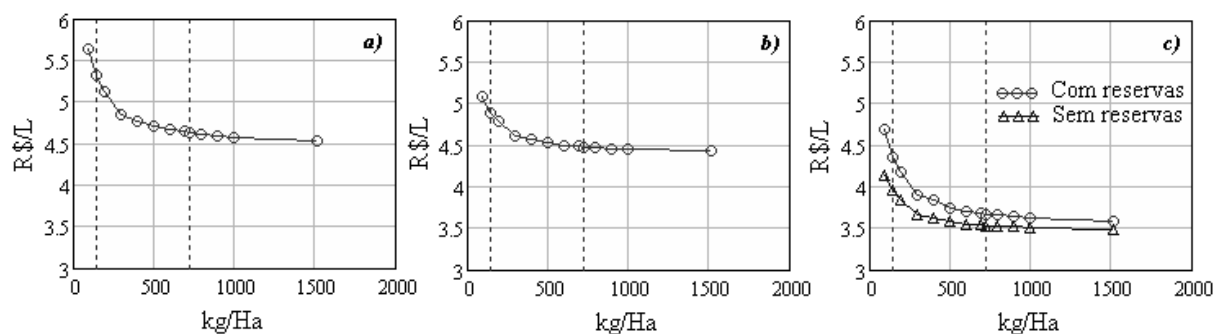


Figura 2: Preço do biodiesel em função da produtividade da safra. a) Com reservas de custos de manutenção e outros. b) Sem reservas de custos. c) Considerando insumos com preços a granel

Cenário 4

Por fim, resolveu-se montar um cenário em que todos os custos fossem mínimos. Então se adotou os valores oferecidos a granel e uma oferta de óleo de mamona a um preço praticado no estado, que é de 0,59 R\$/kg da baga (1,18 R\$/kg de óleo). Com esta simulação encontrou-se um preço de 2,60 R\$/litro de biodiesel calculados com valores de reserva e 2,19R\$/litro sem reservas.

Cenário 5

Para fins comparativos, montou-se um cenário em que se pudesse calcular o custo de produção caso a usina BIOSUL trabalhasse anualmente em produção contínua. Desta forma, usou-se os preços vendidos a granel pela distribuidora Química e Derivados (custos mínimos), inclusive o preço do litro do óleo de mamona (R\$ 3,80 o litro). Outras mudanças relevantes foram a contabilização de depreciação dos equipamentos em 10% ao ano do custo de capital e a contratação de mão-de-obra com carteira assinada. Os outros custos foram calculados conforme o método original. O resultado foi um valor de 4,21 R\$/L de biodiesel.

Se fosse usado o mesmo método, mudando o valor do óleo de mamona para 1,18 R\$/L, conforme informou o jornal zero hora em outubro de 2007, o resultado seria de 1,92 R\$/L.

CONCLUSÃO

O objetivo deste projeto era calcular o custo unitário do biodiesel produzido nos moldes do projeto BIOSUL. Aplicando o método de Haas e considerando os cenários avaliados, encontra-se um valor entre 4,48 - 4,89 R\$/litro para a safra de 2007, conforme a figura 3.

O preço real do biodiesel está próximo de R\$ 4,85 o litro. Para ainda reduzir este valor, a produtividade da safra deverá ser aumentada, pois os custos diminuem proporcionalmente com o tamanho da safra, como mostra, por exemplo, a figura 2a.

Os outros cenários estudados na figura 3 mostram a influência do custo da matéria-prima, que com insumos comprados a granel e com um baixo preço de óleo de mamona disponível no Rio Grande do Sul, tornam o custo unitário do biodiesel produzido em plantio familiar inviável para este estágio produtivo.

Ainda que utilizássemos o óleo de soja degomado, como no exemplo de Haas, não há uma queda considerável no preço do biocombustível. Segundo a ABOISSA Óleos Vegetais, o óleo de soja degomado custa 2,18 R\$/kg (05.11.2007), enquanto a GRANOL compra este mesmo insumo por 1,50 R\$/kg.

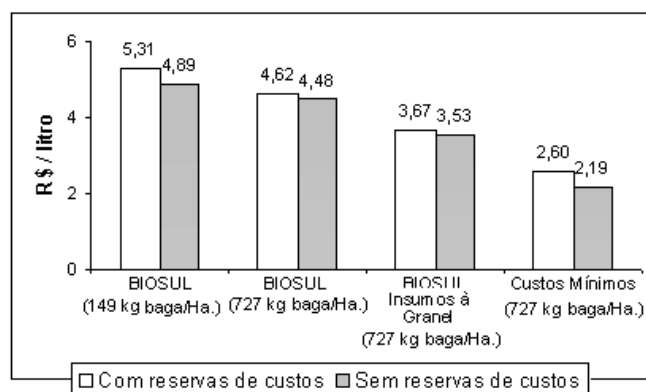


Figura 3: Preço do biodiesel em função da produtividade da safra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ pela concessão da bolsa de iniciação científica nº 103.938/2007-9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIA

- BRASIL. Instrução normativa INSS/PRES nº 20, de 11 de outubro de 2007, Art. 5, inc. XXV. **Dispõe sobre a categoria de contribuinte individual.** In INSS. Legislação Trabalhista Brasileira. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/38/inss-pres/2007/20/CAP1.htm#CP1_S1>. Acesso em: 29 abr. de 2008.
- BRASIL. Lei nº 4.950-A de 22 de abril de 1966. **Dispõe sobre a remuneração de profissionais diplomados em Engenharia, Química, Arquitetura, Agronomia e Veterinária.** In. CASA CIVIL. Legislação Republicana Brasileira. Brasília, 1966. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4950a.htm>
- BUARQUE, C. Avaliação econômica de projetos. 4. ed. Rio de Janeiro, Campus, 1989. p.127-129.
- FREITAS, S. M. de; FREDO, C. E. Biodiesel à base de óleo de mamona: Algumas considerações. Revista de Economia Agrícola, São Paulo, (35), 2005. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/tec3-0105b.pdf>> Acesso em: 20 abr. de 2008.
- HAAS, M. J; MCALOON, A. J; YEE, W. C; FOGLIA, T. A. A process model to estimate biodiesel production costs, Bioresource Technology, (97) : 671–678, 2006.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Chamada Pública MCT/FINEP/Ação Transversal BIODIESEL 11/2005. Disponível em: <www.finep.gov.br/fundos_setoriais/acao/transversal/editais/Chamada_Publica_MCT_FINEP_Acao_Transversal_BIODIESEL%20_11_2005.PDF> Acesso em: 20 fev. 2008.
- PAGLIARDI, O.; MACIEL, A. J. S; LOPES, O. C; ALBIEIRO, D. Estudo de Viabilidade Econômica de Planta Piloto de Biodiesel. AGRENER GD. 6º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural. Campinas, Vol. 1, p.100-110, jun. 2006.

Disponível em:
<www.projetobr.com.br/c/document_library/get_file?folderId=77&name=57.pdf> Acesso em: 02 de maio 2008.

RATHMANN, R.; BENEDETTI, O.; PLÁ, J. A.; PADULA, A. D. Biodiesel: Uma alternativa estratégica na matriz energética brasileira? Segundo seminário de gestão de negócios - FAE, Curitiba, [s.n.], não paginado, 2005. Disponível em: <www.fae.edu/publicacoes/pdf/IIseminario/sistemas/sistemas_03.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2008.

VEDANA, U. **O Problema do Álcool Anidro e Hidratado**. Biodieselbr. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/blog/2006/10/mais-incentivos-a-producao-de-biodiesel/>>. Acesso em 12 de maio de 2008.