

Viabilidade técnica e econômica de uso do óleo fúsel em mistura com o etanol combustível

Luis Henrique Nogueira Marinho¹, Itania Pinheiro Soares², Cristiane de Conti Medina³, Carmen Luisa Barbosa Guedes⁴

Resumo

Atualmente, o mercado mundial voltado ao consumo de combustíveis vem buscando fontes renováveis, limpas e com resultado financeiro mais atrativo, no que tange à produção de biocombustíveis. No Brasil, o biocombustível mais utilizado é o etanol combustível, derivado do setor sucroenergético, que tem ofertado ao mercado volumes significativos de coprodutos, como o óleo fúsel, que é bastante utilizado como matéria-prima em outros processos. Neste sentido, este estudo teve por objetivo analisar a mistura de etanol combustível com óleo fúsel contendo 14 e 34% de água para verificar o limite máximo da adição no etanol, além de analisar a viabilidade econômica da mistura, a fim de aumentar a rentabilidade deste coproduto. A metodologia utilizada neste estudo foi baseada nas normas vigentes pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e reproduzida em laboratório por meio de ensaios técnicos. O estudo mostrou que até 0,5% do óleo fúsel contendo 34% de água pode ser incorporado ao etanol, resultando em um aumento na receita de R\$314.000,00 por safra de 200 dias. Apesar dos dispêndios econômicos necessários para possibilitar o projeto, o cálculo do Valor Presente Líquido – VPL confirmou a viabilidade econômica do projeto, que se paga antes mesmo do primeiro ano, agregando portanto, maior receita a usina.

Palavras-chave: óleo fúsel, etanol combustível, cana de açúcar, setor sucroenergético.

Introdução

Com a eminência da redução das reservas de petróleo mundial, aliada à preocupação da socioambiental, é o principal motivo que leva os governos a buscarem estratégias para aumentar a produção e o consumo de combustíveis renováveis e sustentáveis. Dentre estes combustíveis o etanol recebe grande destaque, pois melhora o processo de combustão e mitiga as emissões de CO (monóxido de carbono); neste sentido, é uma área de conhecimento em que pesquisas têm crescido de forma substancial (Uyumaz et al., 2014; Bôas et al., 2017).

Berger, Krings e Zorn (2010) relatam que entre os coprodutos gerados pela indústria Sucroalcooleira, o óleo fúsel possui grande potencial de reaproveitamento dada sua rica composição em álcoois superiores. Apesar do seu aproveitamento não atuar diretamente na redução do custo final do etanol, sua utilização como insumo em outros

¹ Engenheiro de Produção, mestrando em Bioenergia, Universidade Estadual de Londrina, luishenrique_marinho@hotmail.com.

² Química, doutora em Química, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, itania.soares@embrapa.br.

³ Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, medina@uel.br.

⁴ Química, doutora em Química, Universidade Estadual de Londrina, carmen@uel.br.

ramos industriais, tais como indústria farmacêutica, solventes, indústria de plástico e perfumaria (ésteres) pode representar importante iniciativa para aumentar a eficiência global da produção industrial do etanol.

Demartini (2012), salienta que para a cadeia produtiva do etanol se tornar mais competitiva, é necessário agregar valor aos coprodutos, fazendo com que estes coprodutos sejam matéria-prima de base para outros processos.

O óleo de fúsel é um coproduto obtido através da fermentação de produtos agrícolas. Além de ser extraído da cana-de-açúcar, também pode ser extraído de beterraba, grãos, batatas, batata doce, arroz e trigo entre outros (Awad et al., 2017a). A separação do coproduto óleo fúsel nas destilarias mais antigas era realizada em fração e armazenadas em tanques. Atualmente, existem colunas de retificação automatizadas, que fazem a retirada automática de acordo com a temperatura da coluna ou de forma contínua em volume controlado (Garcia, 2008).

A qualidade e a quantidade produzida de óleo fúsel estão ligadas diretamente ao método utilizado no preparo do caldo de cana que é utilizado no processo de fermentação; pois, dependendo da qualidade desta matéria prima, a cepa de levedura pode desviar em seu processo metabólico a rota para produção de álcool e assim produzir outros coprodutos de acordo com as condições e o ambiente que o processo fermentativo está inserido. Esta variação pode ocorrer também de acordo com instalação da planta industrial ou pela estratégia adotada pela organização (Patil et al, 2002). Porém, trabalhos como o de Mayer, Hoffmann e Hoffmann (2013) demonstram que em pequena escala é possível produzir etanol sem a retirada do óleo fúsel atendendo os parâmetros permitidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, o que não ocorre na produção em grande escala, pois a não retirada do óleo fúsel na destilação de grandes volumes, impacta na perda de etanol no processo de destilação.

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar a mistura de etanol combustível com óleo fúsel.

Metodologia

Primeiramente foram conduzidos testes experimentais com misturas de etanol hidratado combustível (EHC) e etanol anidro combustível (EAC), misturadas em dois tipos de óleo fúsel variando o percentual de água. As amostras utilizadas: etanol hidratado combustível, etanol anidro combustível e óleo fúsel, foram fornecidos por uma empresa situada no noroeste do estado do Paraná, constituída sob as leis brasileiras e cadastrada na ANP conforme Resolução ANP n° 43, de 22 de dezembro de 2009 (ANP, 2009). Os produtos fornecidos e a nomenclatura adotada para utilização nos experimentos foram:

- Etanol Anidro Combustível (EHC).
- Óleo Fúsel Bruto retirado da oitava bandeja da coluna de destilação (OF34).
- Óleo Fúsel Bruto retirado da décima quarta bandeja da coluna de destilação (OF14).

O ponto de retirada da amostra de etanol foi na base de carregamento para produtos comercial com grau alcoólico conforme estabelecido pela legislação em vigor. Já para a retirada do óleo fúsel, foram estabelecidos pontos de amostragem na coluna de destilação industrial. Antes das coletas, todos os fracos foram submetidos a lavagem e realizada a

rinsagem com etanol anidro, etanol hidratado e óleo fúsel, respectivamente, de cada bombona.

Para o preparo das misturas de etanol com óleo fúsel bruto, cada amostra de etanol combustível foi aditivada com 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 10,0; 20,0; e 50,0 % (v/v) de óleo fúsel bruto contendo 34% de água (OF34) e óleo fúsel bruto contendo 14% de água (OF14).

Resultados e Discussão

O óleo fúsel é obtido como coproduto no processo de purificação do etanol, mais precisamente na coluna de retificação, denominada em seu projeto como B nas bandejas 08 e 14. Posteriormente, de forma individual, esse coproduto vai para um tanque de decantação no qual foram realizadas as coletas das amostras, que foram caracterizadas pela usina, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Características do óleo fúsel bruto retirado da bandeja 08 e 14.

Composição	Óleo Fúsel Bruto	
	Bandeja 08 (OF34)	Bandeja 14 (OF14)
% Água	34%	14 %
% Óleo fúsel	66%	86 %

Qualidade do combustível com óleo fúsel

Todo controle de qualidade tem por objetivo estabelecer padrões para os produtos de forma que o consumidor final não seja prejudicado. A adição do óleo fúsel ao etanol pode impactar nos parâmetros de qualidade estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, podendo tornar a mistura imprópria para utilização como combustível nos motores disponíveis no mercado.

Mistura do etanol anidro combustível com óleo fúsel bruto

Para realizar a avaliação da mistura de etanol anidro com óleo fúsel, foram utilizados dois tipos de matéria prima, denominado OF34 com maior percentual de água (66% óleo fúsel e 34% água) e OF14 com menor percentual de água (86% óleo fúsel e 14 % água). Na Tabela 2 são apresentados os resultados das amostras provenientes da mistura do etanol anidro com óleo fúsel bruto OF34.

Tabela 2. Avaliação mistura etanol anidro e óleo fúsel contendo 34% água (OF34).

Propriedade EAC / Unidade	Parâmetros			
	Acidez total, máx. (mg/L)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{m}$)	Massa específica a 20°C (kg/m^3)	Teor alcoólico (% massa)
Padrão Etanol Anidro	6,86	22,74	789,6	99,90
Mistura	0,25 %	11,10	64,27	790,3
	0,50 %	13,00	57,68	791,1
	1,00 %	16,55	67,55	792,7
	1,50 %	17,49	73,58	794,3
	2,00 %	21,04	82,23	795,9
	3,00 %	29,04	103,17	799,1
	10,0%	77,54	3987,56	821,2
	20,0%	82,14	4587,43	852,8
	50,0%	91,38	7985,21	946,8
	Limite ANP	30,0 máx.	300,0 máx.	791,5 máx.

Utilizando-se os mesmos procedimentos, foram realizadas análises alterando o tipo de aditivo, com o objetivo de avaliar o impacto nos parâmetros de qualidade estabelecidos pelo órgão regulamentador. Na Tabela 3, estão os resultados das amostras provenientes da mistura do etanol anidro com óleo fúsel bruto OF14.

Tabela 3. Avaliação mistura etanol anidro e óleo fúsel contendo 14 % água (OF14).

Propriedade EAC / Unidade	Parâmetros			
	Acidez total, máx. (mg/L)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{m}$)	Massa específica a 20°C (kg/m^3)	Teor alcoólico (% massa)
Padrão Etanol Anidro	6,86	22,74	789,6	99,90
Mistura	0,25 %	9,93	179,04	790,5
	0,50 %	15,13	321,48	791,1
	1,00 %	23,17	597,51	792,0
	1,50 %	29,79	799,56	793,3
	2,00 %	38,77	1060,70	795,7
	3,00 %	72,52	1659,30	798,5
	10,0%	83,22	3998,40	818,8
	20,0%	91,33	4967,21	848,5
	50,0%	95,44	7934,40	940,4
	Limite ANP	30,0 máx.	300,0 máx.	791,5 máx.

Pela tabulação dos dados e avaliação dos experimentos, foi possível verificar que, valores acima de 3,0% na mistura de óleo fúsel contendo 34% de água ultrapassa o limite de 30mg/L estabelecido pela ANP, quando utilizado na mistura o óleo fúsel contendo 14% de água o limite permitido pela legislação em vigor decresce para 1,5%, sofrendo maior influência pela óleo fúsel misturado. No parâmetro condutividade elétrica a mistura do óleo fúsel OF34 permite a adição até 3,0% de modo a atender os parâmetros estabelecidos pela ANP, ao utilizar na mistura o óleo fúsel OF14 maior que 0,25% já existe a inviabilidade para comercialização da mistura, conforme o órgão regulamentador. No parâmetro massa específica em ambos os casos da mistura valores acima de 0,5% de óleo fúsel no etanol anidro ultrapassa o limite de 791,5kg/m³ valor máximo estabelecido pela ANP. Diferentemente dos parâmetros anteriores o teor alcoólico tem maior interferência com a mistura OF34 devido aos seu maior percentual de água, no entanto em ambos os casos misturas acima de 0,5% não atendem as diretrizes estabelecidas pelo órgão regulamentador.

Considerações Finais

Tendo em vista o baixo valor agregado do óleo fúsel de R\$ 0,18 por litro e sua forma atual de comercialização (como coproduto), foi observado grande potencial para utilização como aditivo em misturas com etanol anidro combustível e etanol hidratado combustível. Nos ensaios foram utilizados dois tipos de óleo fúsel: óleo fúsel bruto contendo 34% água (OF34) e óleo fúsel contendo 14% de água (OF14); nos dois casos, a utilização do coproduto como aditivo teve viabilidade técnica, porém existe restrições quanto ao percentual a ser adicionado.

Nos ensaios realizados com óleo fúsel OF34, a mistura se mostrou viável até o percentual de 0,50%, de modo a atender todas as restrições estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Acima deste percentual, obteve-se como variável crítica o teor alcoólico e a massa específica, pois há impacto direto devido ao teor de água no óleo fúsel utilizado na mistura. Em ambos os tipos de etanol utilizados (anidro e hidratado), o comportamento de variação teve a mesma singularidade.

Nos ensaios com óleo fúsel contendo 14% de água (OF14), a mistura se mostrou viável até o percentual de 0,25% de modo a atender todas as diretrizes estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Acima deste percentual, obteve-se como variável crítica a condutividade elétrica da mistura, que está diretamente ligada ao potencial corrosivo do combustível, que pode prejudicar as linhas de transferência de combustível nos veículos, causando possíveis depósitos no sistema de injeção. Sobre os tipos de etanol utilizados (anidro e hidratado), em ambos os casos, o comportamento de variação teve a mesma singularidade devido ao óleo fúsel concentrado.

Para o cálculo da viabilidade econômica, foi considerado o maior percentual da mistura permitido 0,5% óleo fúsel contendo 34% de água, tendo em vista otimizar o volume adicionado à mistura e o produto comercializado. Ponderando a característica da planta industrial avaliada, foi proposta a adaptação do ponto de mistura, sendo detalhado o cálculo do custo de implantação; diante do cenário analisado, concluímos que o melhor resultado financeiro foi ao adicionar o coproduto óleo fúsel ao etanol hidratado gerando

uma receita financeira por safra de 200 dias no montante de R\$ 314.000,00, pagando já no primeiro ano de implantação o investimento de adaptação da planta industrial.

A utilização do óleo fúsel como aditivo no etanol combustível, mostra-se promissora e uma ótima forma de agregar valor ao coproduto, pois, incorporando-o ao etanol combustível em pequenas proporções, é possível realizar a comercialização do mesmo de forma que atenda a legislação em vigor.

Referências

AWAD, O. I. et al. Calorific value enhancement of fúsel oil by moisture removal and its effect on the performance and combustion of a spark ignition engine. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 137, p. 86-96, 2017a.

BERGER, R. G.; KRINGS, U.; ZORN, H. Biotechnological flavour generation. In: TAYLOR, A. J.; LINFORTH, R. S. T. (ed.). **Food flavour technology**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. p. 89-115.

BÔAS, R. N. V. et al. Enzymatic synthesis of isopentyl caprylate using fúsel oil as feedstock. **Química Nova**, São Paulo, v. 40, n. 5, p. 541-547, 2017.

DEMARTINI, F. J. **Agregação de valor a subprodutos da produção de etanol**: uma proposta de modelo de centro tecnológico para o Rio Grande do Sul. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2012.

GARCIA, V. **Subproduto de destilaria de óleo fúsel**: caracterização da composição química e estudo de sua aplicação industrial. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Engenharia de Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2008.

MAYER, F. D.; HOFFMANN, S. R.; HOFFMANN, R. An innovative project involving an appropriate hybrid distillation system for small-scale ethanol fuel production. **Chemical Engineering Communications**, Philadelphia, v. 200, p. 563-574, 2013.

PATIL, A.; KOOLWAL, S. M.; BUTALA, H. D. Fúsel oil: composition, removal and potential utilization. **International Sugar Journal**, Glamorgan, v. 104, n. 1238, p. 51-58, 2002.

UYUMAZ, A. et al. Experimental examination of the effects of military aviation fuel JP-8 and biodiesel fuel blends on the engine performance, exhaust emissions and combustion in a direct injection engine. **Fuel Processing Technology**, Amsterdam, v. 128, p. 158-165, 2014.