

ANÁLISE DA VIABILIDADE ENERGÉTICA DA PRODUÇÃO DE ETANOL EM MICRODESTILARIAS

ANALYSIS OF THE ENERGY VIABILITY OF THE PRODUCTION OF ETHANOL IN SMALL DISTILLERIES

Rodolfo Esmarady Rocha dos Santos*¹, Izabel Aparecida dos Santos²

1 Graduado em Tecnologia em Sistemas de Informação, Mestrando em Engenharia de Energia, UNIFEI, Itajubá, MG, Brasil. esmarady@yahoo.com.br.

2 Bacharel em Administração, Mestranda em Engenharia de Energia na UNIFEI/MG, Instituto Federal – Campus Muzambinho, Muzambinho, MG, Brasil, izabel@eafmuz.gov.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar energeticamente a produção do etanol combustível em microdestilarias como fonte de energia alternativa para atender às necessidades de consumo em pequenas propriedades rurais. Para a produção do etanol são utilizadas diversas matérias primas ricas em açúcar ou amido, como a cana de açúcar que através da fermentação do caldo e uma posterior destilação é transformada em uma energia renovável. Deste modo foi realizado um estudo de caso na Agroindústria Fazenda Serra Grande, localizada no município de Piranguinho, Sul de Minas Gerais, onde se verificou a viabilidade energética na produção de etanol em pequenas escalas. Este estudo demonstrou que a produção de etanol é um investimento energeticamente viável, além da preservação ambiental, pois os resíduos que poderiam ser fontes poluidoras tornam-se um recurso energético natural, gerando economia com a diminuição da aquisição de combustíveis fósseis, insumos agrícolas ou ampliação de novas redes de transmissão de energia elétrica para a zona rural.

Palavras - chave: Análise energética, biocombustível, bioenergia, energia renovável e etanol.

Abstract

ANALYSIS OF THE ENERGY VIABILITY OF THE PRODUCTION OF ETHANOL IN SMALL DISTILLERIES. The objective of this work was to energy balance the production of the combustible ethanol in small distilleries as alternative source of energy to assist to the consumption needs in small rural properties. For the production of the ethanol several matters rich cousins are used in sugar or starch, as the cane of sugar that through the fermentation of the broth and a subsequent distillation is transformed in a renewable energy. This way a case study was accomplished in the Agroindústria Fazenda Saws Big, located in the municipal district of Piranguinho, South of Minas Gerais, where the energy viability was verified in the ethanol production in small scales. This study demonstrated that the ethanol production is investment energy viable, besides the environmental preservation, because the residues that could be pollutant sources become a natural energy resource, generating economy with the decrease of the acquisition of fossil fuels, agricultural inputs or enlargement of new nets of electric power transmission for the rural area.

INTRODUÇÃO

INTRODUCTION

A crescente preocupação mundial com o meio ambiente e a diminuição das reservas petrolíferas ao longo das últimas décadas vem gerando pressões sobre o uso dos combustíveis fósseis, considerados os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera. Devido a esses motivos vários países estão buscando alternativas de substituição dessas fontes poluidoras por fontes renováveis. Atualmente, o etanol vem sendo considerado umas das melhores opções dentre as fontes de energia renovável, principalmente nos países desenvolvidos, onde o consumo de combustíveis automotivos é maior. Para a produção do etanol são utilizadas diversas matérias primas ricas em açúcar ou amido, como a cana de açúcar e o milho, que representa atualmente as alternativas mais adotadas nas plantas agroindustriais.

No Brasil, o etanol é produzido essencialmente através da cana de açúcar, sendo considerada a segunda maior fonte de energia renovável do país com 12,6% da participação na matriz energética, segundo União da Indústria de cana de açúcar (UNICA, 2008), sendo desenvolvidas as típicas unidades agroindustriais capazes de produzir 120 mil litros de etanol por dia, processando aproximadamente 1.500 toneladas de cana de açúcar por dia. Apareceram varias propostas para difusão das denominadas microdestilarias capazes de operar em menor escala (até cinco mil litros por dia), compensando a menor produtividade com a importante diversificação e a integração das atividades rurais.

Além das vantagens energéticas a produção de etanol de cana de açúcar apresenta um interessante potencial em projetos de inclusão social, bem como vantagens econômicas e ambientais com relação aos derivados de petróleo.

A avaliação dos inputs/outputs energéticos das operações de cultivo e transporte e produção do etanol nas pequenas destilarias são importantes para estimar a energia investida no sistema de produção e fabricação, bem como, identificar os pontos de desperdícios energéticos e os componentes que podem ser substituídos por outros de maior eficiência, além de melhorar a visibilidade sobre o balanço energético desse recurso, edificando um novo suporte científico à produção de energia de forma sustentável.

Nesse sentido, o presente trabalho visa analisar a produção e consumo de energia no processo de fabricação do etanol combustível em pequenas destilarias com capacidade de até 5.000 litros/dia, bem como avaliar energeticamente a produção de etanol nestes tipos de unidades.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL AND METHODS

A análise energética foi desenvolvida através da aplicação de balanços de massa e energia, para os setores agrícolas e industriais, considerando as equações clássicas proposta por Sartori (1996) e Doering (1977). Desta forma, os coeficientes técnicos foram elaborados com base em informações coletadas no ano de 2008, junto aos técnicos da Indústria Fazenda Serra Grande, localizada no município de Piranguinho/MG, sendo obtidos em visitas a campo através de entrevista e pesquisa com os produtores. Primeiramente foram levantados alguns dados básicos dos setores agrícolas e industriais.

Setor agrícola

Agricultural section

Neste setor foram abordados os seguintes itens:

- ✓ Área total cultivada;
- ✓ Produtividade agrícola;
- ✓ Maquinário e implementos;
- ✓ Fertilizantes e defensivos agrícolas;
- ✓ Mão de obra.

Foi analisadas a produção da cana de açúcar cultivada com cinco ciclos vegetativos, com produtividade média de 90 toneladas por hectare, uma área de 20 hectares com plantio convencional, aplicação de calcário, adubação (plantio e cobertura), herbicidas, capina manual, capina mecânica e colheita semi mecanizada. Os conteúdos energéticos do calcário, herbicidas correspondem a 625 kcal/kg e 64.290 kcal/kg respectivamente. Pimentel (1980). Na conversão das unidades físicas de N total, P₂O₅ e K₂O em equivalentes energéticos, utilizaram-se os índices de 14.700 quilocalorias por quilo (kcal/kg), 2.300 kcal/kg e 1.600 kcal/kg Pimentel (1980) e para o valor energético do etanol adotou-se o valor de 6.300 kcal/kg, Balanço Energético Nacional. (BEN, 2007).

Os gastos energéticos com as operações mecanizadas foram calculados a partir do consumo de óleo diesel, cujo coeficiente energético equivale a 8484 kcal/litro BEN (2007), mais 24% do valor empregado no transporte do combustível Macedo (2004) e o valor energético empregado nos maquinários agrícolas e industriais para a produção do etanol segundos os dados de Pimentel (1980) juntamente com as equações de Nogueira (1980).

Setor industrial

Industrial section

Em uma usina ou microdestilaria de cana-de-açúcar vários processos e tecnologias são utilizadas nas diversas etapas de produção do etanol combustível. Desta forma estes processos podem ser representados de uma forma genérica, seguindo as etapas e tecnologias empregadas atualmente como demonstradas na Figura 1.

Nesta etapa foram abordadas para o cálculo energético as seguintes fronteiras do sistema:

- Custo energético utilizada na construção e montagem de uma microdestilaria;
- Energia na fabricação dos equipamentos envolvidos no processo;
- Consumo de energia elétrica para acionamentos dos equipamentos;
- Consumo de outros energéticos (bagaço e lenha);

- Valor energético dos produtos produzidos (Etanol)
- Bagaço excedente (Valor energético);

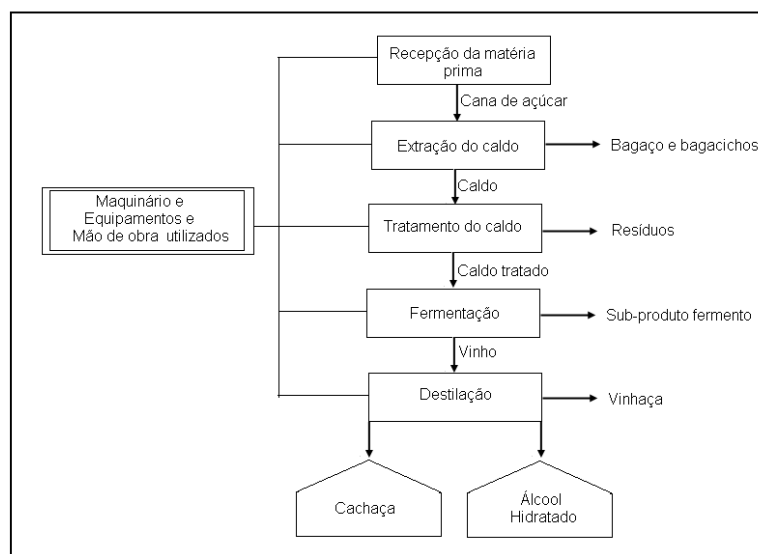


Figura 1- Processos de produção do etanol
Illustration 1 - Processes of production of the ethanol.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

RESULTS AND DISCUSSIONS

Fase agrícola

Agricultural phase

No cultivo da cana de açúcar para indústria no sistema de plantio convencional e colheita semi mecanizada as operações que apresentaram os maiores custos energéticos em quilocalorias por tonelada de cana (kcal/TC) foram as dos Fertilizantes (35%), plantio e preparo do solo e corte do material, maquinários somaram (34%). As aplicações de defensivos e herbicidas representaram (6%) do custo energético em virtude do baixo número de aplicações necessárias para o controle insetos e plantas invasoras, calcário com (4%). O consumo de energia para o transporte da cana para a indústria de processamento equivale a (3%) do gasto total das operações para o cultivo da cana de açúcar, juntamente com o valor energético das mudas com (3%), e somatória dos outros itens representaram (15%) do valor, conforme demonstrado na Tabela 1 e Figura 2.

Tabela 1- Gasto energético (setor agrícola)
Table 1 - Spend energy (agricultural section)

Item	Consumo de energia (kcal/TC)
Operações agrícolas	5.869
Transporte	2.087
Fertilizantes (NPK)	25.784
Calcário	2.938
Herbicidas	3.489
Isenticidas	0
Mudas	1.787
Trator	14.837
Implementos	3.826
Caminhões	5.821
Total	66.438

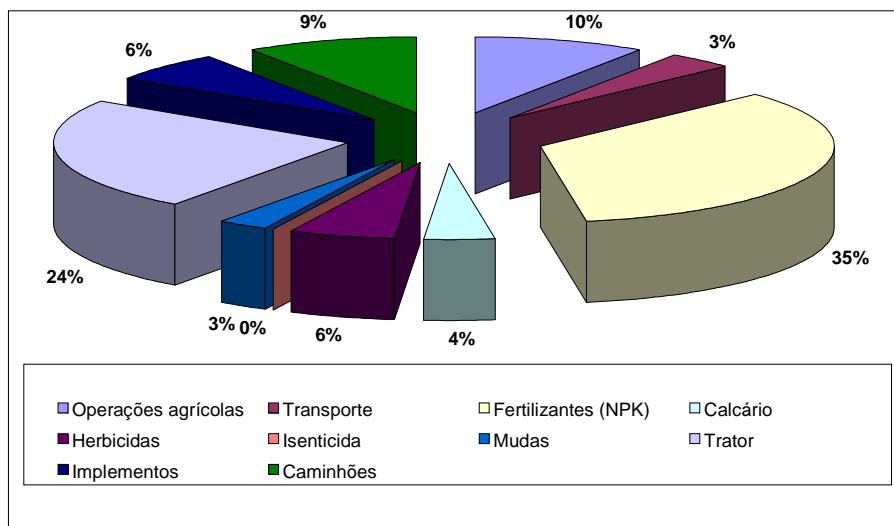


Figura 2 - Distribuição do consumo energético (fase agrícola)
Illustration 2 - Distribution of the energy consumption (agricultural phase)

Fase industrial Industrial phase

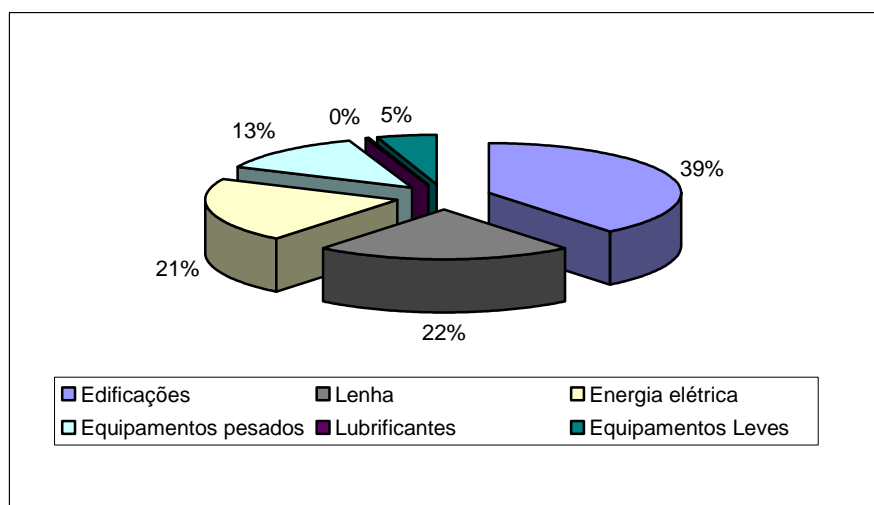
Analisando-se os resultados do setor industrial, apresentados na Tabela 2 e Figura 3, constata-se que no setor de destilação, (desprezando as edificações por não apresentarem uma parcela significativa dos fluxos de energia envolvidos na produção), a lenha com 22% (19.433 kcal/TC) é o que representa maior consumo energético devido a seu grande poder calorífico incorporado.

Tabela 2 - Consumo de energia (setor industrial)
Table 2 - Consumption of energy (industrial section)

Item	Consumo de energia (kcal/TC)
Lenha	19.433
Energia elétrica	19.074
Lubrificantes	170
Edificações	35.239
Equipamentos pesados	11.634
Equipamentos Leves	4.472
Total	90.022

No processamento industrial do etanol hidratado, obteve se em média uma produção de 85 litros por tonelada de cana, com 95,5% de pureza, conforme dados da Microdestilaria (2008). Deste modo obteve se como resultado um valor energético mensal de 54.771 kcal/TC e um valor anual de 383.394 kcal/TC.

Figura 3 - Consumo energético (setor industrial)
Illustration 3 - Consummate energy (industrial section)



Balanco energético geral

Balance energy general

Os resultados adquiridos neste estudo sobre as microdestilarias do Sul de Minas Gerais são apresentados na Tabela 3 e 4, não fazendo distinção entre as formas de energia (térmica e elétrica).

Tabela 3 - Balanco Energético Geral (setor agrícola)
Table 3 - Balance Energy General (agricultural section)

Item	Consumo de energia (kcal/TC)
Nível – 1	
Operações agrícolas	7.089
Transporte	1.924
Subtotal	9.013
Nível – 2	
Fertilizantes (NPK)	25.784
Calcário	2.938
Herbicidas	3.489
Isenticida	0
Mudas	1.787
Subtotal	33.998
Nível – 3	
Trator	14.837
Implementos	3.826
Caminhões	5.821
Subtotal	24.484
Mão de obra	1.570
Total	67.945

Tabela 4 - Balanco energético geral (setor industrial)

Table 4 - Balance Energy General (sector industrial)

Item	Consumo de energia (kcal/TC)
Nível – 1	
Lenha	19.433
Energia elétrica	19.074
Nível – 2	
Lubrificantes	170
Nível – 3	
Edificações	35.239
Equipamentos pesados	11.634
Equipamentos Leves	4.472
Total	90.022
Energia incorporada nos produtos e subprodutos	
Item	Energia (kcal/TC)
Etanol hidratado	383.394
Bagaço	79.160
Total	462.554

O potencial de energia que o sistema apresenta através de seus produtos e subprodutos são de grande importância no balanço energético final, visto que o produto do processamento da cana, o etanol e o subproduto, o bagaço, apresentam um grande valor energético global. A relação entre a energia consumida e potencial energético total está representada na Tabela 5.

Tabela 5 - Consumo e geração de energia na produção da cana de açúcar e do etanol
Table 5- Consummate and generation of energy in the production of the sugar cane and of the ethanol

Análise produção/insumo		
Microdestilaria		
	Insumo	Produção
Agricultura	67.495	-
Indústria	90.022	-
Etanol produzido	-	383.394
Bagaço excedente	-	79.160
Total	157.547	462.554
Relação produção /insumo	3,15	

Em posse dos dados verificamos que a relação de entrada e saída dos fluxos energéticos por meio da análise *Input-Output* que é definida como a proporção de energia não renovável usada na produção de uma unidade energética do combustível e seus subprodutos utilizados. Para o biocombustível abordado neste sistema, a relação energética encontrada foi de 3,15: > 1, obtendo assim um ganho energético de 2,15, tornando seu *status* como uma fonte de energia renovável. A figura 4 traz os detalhamentos gerais do fluxo de energia para o estudo abordado.

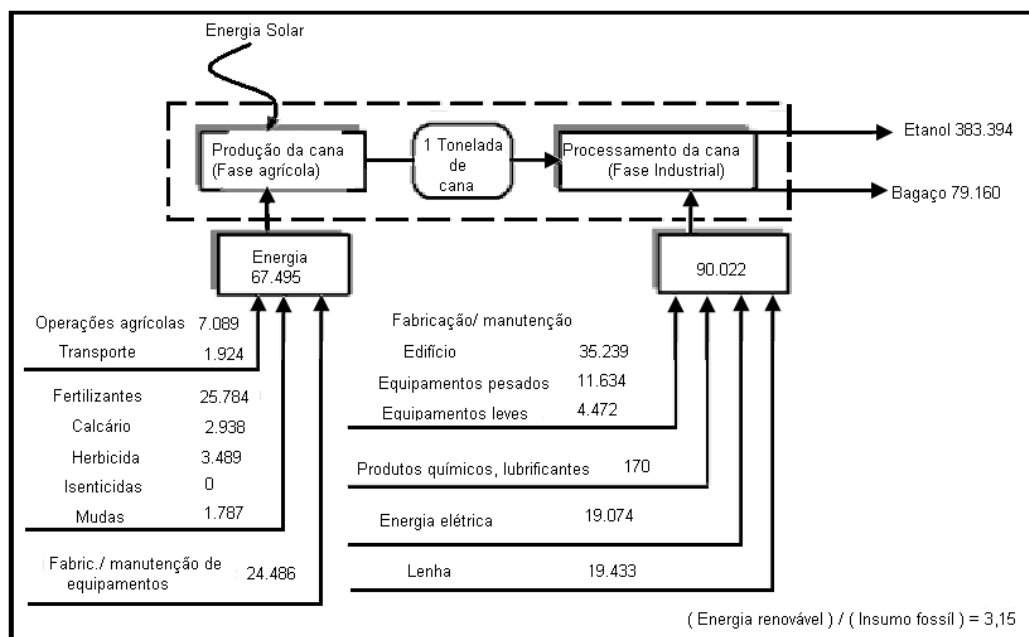


Figura 4 - Fluxos de energia no ciclo de vida do etanol em microdestilaria (2008).
Illustration 4 - Flows of energy in the cycle of life of the ethanol in microdestilaria (2008).

CONCLUSÃO CONCLUSION

A produção de etanol em microdestilaria na região do Sul de Minas Gerais, no município de Piranguinho que obteve o maior consumo energético, ou seja, as operações que mais demandaram energia estão relacionadas ao preparo do terreno, plantio/adubação, colheita e maquinários industriais. Por ser um cultivo destinado a grandes indústrias, mostram-se bastante dependente dos insumos, principalmente os de origem fóssil, onde boa parte do consumo energético é oriunda de fontes externas de energia. Mesmo assim, o conjunto de operações necessárias ao cultivo da cana de açúcar é bastante simplificado. Além do mais, nos plantios executados em propriedade de base familiar, onde há uma baixa dependência por recursos externos, os cultivos de cana de açúcar podem tornar-se ainda mais competitivos.

Juntamente com a adoção de técnicas alternativas de produção como o plantio direto, o uso de biocombustíveis e adubações orgânicas podem minimizar ainda mais os gastos energéticos empregados nas operações, mostrando que os limites a serem conquistados pelas microdestilarias de etanol são bastante amplos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

AGROINDUSTRIAL SERRA GRANDE, 2008. **Fazenda Serra Grande**. Microdestilaria Dedo de prosa pesquisa realizada no ano de 2008.

BEN, 2007; **BALANÇO ENERGETICO NACIONAL**, Ministério de Minas e Energia, BRASILIA, 2007.

DOERING, O. C. & PEART, R.N. **Evaluating Alternative Energy Technologies in Agriculture**. Agr. Exp. Sta Perdue University, Indiana, NSF/RA-770124. 1977.

GOLDEMBERG, et al. **"Ethanol for Sustainable Energy Future"**, Science 315, 808, (2007).

MACEDO, I. . & NOGUEIRA, L. A. H. **Balanço de energia na produção de cana-de-açúcar e etanol nas Usinas Cooperadas**. Boletim Técnico Copersucar. N°. 31, São Paulo – SP. 1985.

MACEDO, I. C.; VERDE LEAL, M. R. L.; SILVA, J. E. A. R. **Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use fuel ethanol in Brazil**. Prepared for the Secretariat of the Environment, Government of the State of São Paulo, 2004.

SARTORI, M. M. P; **Métodos Matemáticos para a Determinação de Consumo de Energia e de Custos de Produção da Cultura de cana-de-açúcar (Saccharum spp.)**, Dissertação de Mestrado em Agronomia (Energia na Agricultura). *Ano de Obtenção*: 1996. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil.

NOGUEIRA, L. A. H.; “**Análise da utilização de energia na produção de etanol de cana de açúcar**” Tese de Doutorado Unicamp, 1987.

PIMENTEL, D. “**Handbook of energy utilization in agriculture**”. Boca Raton: CRC: Press, 1980.

UNICA. **União da Indústria de Cana de açúcar**, disponível em www.unica.com.br acessado em dezembro de 2008.

SILVA, J. G. et AL. “**Energy balance for ethyl alcohol production from crops**”. Science. 201(4359): 903-906. USA. 1978.