



# ENEPEX

ENCONTRO DE ENSINO,  
PESQUISA E EXTENSÃO

8° ENEPE UFGD • 5° EPEX UEMS

## O USO DA ESCUMA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA: POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL E BIOGLICEROL

Jessica Dayane Rodrigues Diniz<sup>1</sup>; Antonio Carlos Caetano de Souza<sup>2</sup>

UFGD – FAEN, C. Postal 533, 79804-970 Dourados-MS, Email: [jeh\\_diniz94@hotmail.com](mailto:jeh_diniz94@hotmail.com)

<sup>1</sup>Aluna do curso de Engenharia de Energia - UFGD;

<sup>2</sup>Engenheiro Mecânico, professor do curso de Engenharia de Energia.

### RESUMO

Há uma necessidade em investir ainda mais em saneamento básico para promover a melhoria da qualidade de vida. No Brasil, apenas 48% do esgoto é coletado e 37% do esgoto é tratado. Além disso, ao tratar o esgoto podem ser produzido biogás (como combustível), água de reuso (para atender necessidades não potáveis) e lodo (como fertilizante), sendo que deste pode ser extraída a espuma para fins de produção de biodiesel e bioglicerol. No presente trabalho são abordados aspectos técnicos referentes à produção de biodiesel e bioglicerol utilizando espuma e seu potencial de produção considerando a infra-estrutura de saneamento básico existente nas 27 unidades de federação brasileiras.

**Palavras Chaves:** Espuma, Saneamento básico, Biodiesel.

### INTRODUÇÃO

As fontes de energia renováveis tendem a assumir um papel importante na matriz energética mundial. Entre elas, o biodiesel, uma alternativa promissora, é obtido através da conversão de óleos vegetais e (ou) gorduras animais, por meio de catalisadores ácidos, alcalinos ou enzimas. A principal reação de conversão é a transesterificação, onde também são utilizados álcoois e o glicerol também é produzido. O etanol tem a vantagem de ser muito menos tóxico ao metanol, ter uma infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e comercialização consolidada, o que possibilita a sua utilização, além de não depender de importações, como é o caso do metanol. Porém, o etanol é mais caro e menos reativo ao metanol, embora haja pesquisas visando aumentar sua reatividade.

O biodiesel pode ser usado puro ou misturado ao diesel em diversas proporções junto ao diesel mineral em motores automotivos ou em geradores de eletricidade e calor.

---

<sup>1</sup> [jeh\\_diniz94@hotmail.com](mailto:jeh_diniz94@hotmail.com)

<sup>2</sup> [antoniosouza@ufgd.edu.br](mailto:antoniosouza@ufgd.edu.br)

## SANEAMENTO BÁSICO

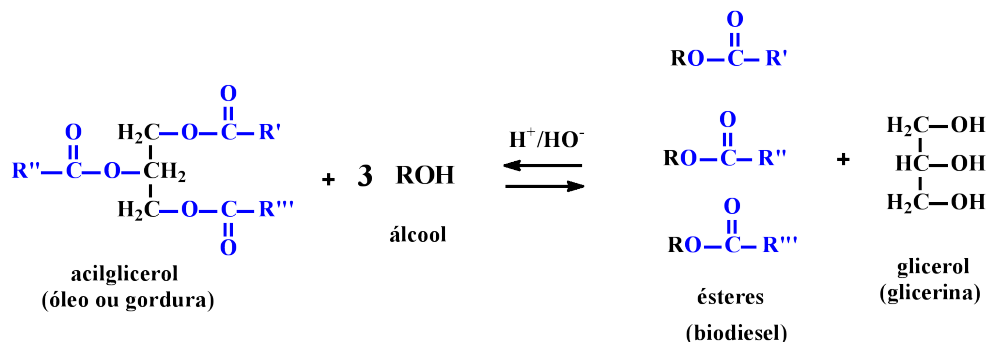
Saneamento é o conjunto de medidas, visando preservar ou modificar as condições do meio ambiente, com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde. Restringe-se ao abastecimento de água e disposição de esgotos, mas há quem inclua o lixo nesta categoria.

Segundo dados coletados na Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2011, quando consideradas as áreas urbanas e rurais do país, a distribuição de água atinge **81,9%** da população. Apenas **54,2%** do esgoto foi coletado. Do esgoto gerado, apenas **37,2%** recebeu algum tipo de tratamento (SNIS, 2011). Neste diagnóstico, constam informações como municípios atendidos por água e esgoto, população atendida por estas redes, esgoto coletado, consumo de água *per capita*, entre outras informações. Apenas a partir de 2012 foram fornecidos os volumes de água tratada, esgoto coletado e esgoto tratado, facilitando o desenvolvimento deste trabalho.

Ainda há investimentos em saneamento básico que devem ser realizados a fim de promover a melhoria da qualidade de vida, especialmente em bairros periféricos e em cidades e estados mais carentes de investimentos em infraestrutura. Segundo EBC (2014) cada real investido em saneamento básico (água encanada e esgoto coletado e tratado) economiza quatro reais em custos no sistema de saúde.

## TRANSESTERIFICAÇÃO

Há diversos processos de conversão de biodiesel (transesterificação, esterificação, craqueamento, entre outros). O processo mais utilizado para a obtenção de biodiesel é a transesterificação, que consiste em uma reação com óleos vegetais ou gordura animal com álcoois primários (etanol ou metanol) na presença de um catalisador, conforme observado na Figura 2.



**Figura 2.** Reação de transesterificação de um óleo ou gordura para obtenção de biodiesel.

**FONTE:** (COSTA NETO, 2004),

Quando os óleos ou gorduras possuem alto teor de ácidos graxos livres sugere-se a catálise ácida, como é o caso de óleos de frituras, óleo da caixa de gordura e escuma, sendo o ácido sulfúrico usualmente empregado como catalisador. A fração do catalisador na mistura para reação é de 0,5 a 1% e a temperatura da reação alcança, no máximo, 80° C. Esta alternativa de produção apresenta-se muito mais lenta que a via alcalina, mas possui uma alta taxa de conversão, de aproximadamente 99%, tendo somente problemas na separação do glicerol (BRANCO et al., 2007).

## CONVERSÃO DA ESCUMA EM BIODIESEL E BIOGLICEROL

As pesquisas e o desenvolvimento relacionado ao tratamento e disposição de lodo de esgoto têm aumentado nos últimos anos. Há também um maior conhecimento no que tange à

métodos de caracterização, técnicas de manejo e processamento, benefícios e riscos da utilização do lodo na agricultura e também do comportamento da espuma no meio ambiente.

As substâncias orgânicas nos esgotos são constituídas principalmente por compostos de proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), gordura e óleos (10%) e uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas (**OLIVEIRA, 2004**). A matéria graxa está sempre presente no esgoto doméstico. Ela é proveniente do uso de laticínios, óleos vegetais, produtos cárneos e óleos minerais derivados do petróleo. A matéria graxa e muito particularmente os óleos minerais não são desejáveis nas unidades de transporte e de tratamento dos esgotos, pois aderem às paredes, produzindo odores desagradáveis, além de diminuir as seções úteis das tubulações das redes de esgoto.

O biodiesel em estudo é produzido a partir da espuma, extraída do lodo de esgoto (vide Fig. 1). O lodo formado é retirado por meio de decantadores primários nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Este lodo é encaminhado a um processo de extração da espuma, que é conduzida a uma usina de produção de biodiesel. A espuma possui um alto teor de ácidos graxos livres (entre 5 e 10%), o que implica na necessidade de processo de extração da espuma por meio de solventes (**PEDROSO, 2012**).



**Figura 1.** Espuma

**FONTE:** (AGUIAR, 2011).

Das características físicas, o teor de matéria sólida é o de maior importância, em termos de dimensionamento e controle de operações das unidades de tratamento (**OLIVEIRA, 2004**). A matéria sólida total do esgoto pode ser definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação a 103° C. Se este resíduo é calcinado a 600° C, as substâncias orgânicas se volatilizam e os minerais permanecem em forma de cinza, compondo os sólidos voláteis e os sólidos fixos (**CHAGAS, 2000**).

A espuma tem diferentes níveis de degradação devido a grande variação em sua composição. Isto certamente interfere no tempo de armazenagem do produto.

**PEDROSO (2012)** apresenta na Tabela 1 a composição química da espuma, podendo variar consideravelmente. Esta variação é corrente do tempo de degradação, da origem da espuma. Desta forma, a massa molar da espuma utilizada nos cálculos é 777 g/mol. As massas molares do biodiesel metílico e etílico provenientes da transesterificação da espuma são 260 e 274 g/mol, respectivamente.

Devido ao elevado índice de acidez da matéria prima, a transformação da gordura em éster é feita por reações de esterificação e transesterificação. A espuma possui teores entre 5 e 10% de óleo (foi considerado um teor de 10% em massa neste trabalho) (**PEDROSO, 2012**).

Para cada 200 litros de esgoto (excluindo o lodo), é possível extrair 0,16 kg de espuma. Segundo resultados obtidos por **PEDROSO (2012)**, foi considerada uma eficiência de transesterificação da espuma de 98% ao utilizar etanol, e densidade do biodiesel etílico de espuma de 0,879.

**Tabela 1.** Composição química da espuma.

<b>Ácido graxo</b>	<b>Escuma (%)</b>
<b>C16:0 Ácido Palmítico</b>	72,2
<b>C18:0 Ácido Estearico</b>	12,8
<b>C18:1Ácido Oléico</b>	5,8
<b>C14:0 Ácido Mirístico</b>	4,8
<b>C18:2 Ácido Linoléico</b>	1,1
<b>C18:3 Ácido Linolênico</b>	0,4
<b>Outros</b>	2,9

Ao realizar um balanço estequiométrico e considerando uma razão de transesterificação de 98%, conclui-se que para, produzir 1 kg de biodiesel etílico da espuma, são necessários 0,963 kg de espuma e 0,171 kg de etanol. Desta forma, é gerado 0,112 kg de glicerol. Tabela 2 apresenta os potenciais de produção de biodiesel e glicerina nas ETES brasileiras, além dos volumes necessários de etanol para transesterificação da espuma que poderia ser extraída em 2012. Adicionalmente, é apresentada a energia elétrica consumida pelas estações de tratamento de água e esgoto em cada estado, o potencial de geração elétrica utilizando biodiesel em motores de combustão interna (considerar eficiência elétrica de 30%) e o potencial de geração elétrica por meio da reforma a vapor de glicerol para produção de hidrogênio e posterior utilização em células a combustível de óxido sólido (eficiência eletroquímica de 50%). Segundo SOUZA et al. (2011), são necessários 435,05 ton de glicerol para cada GWh de eletricidade gerada proveniente da reforma a vapor do glicerol e posterior uso do hidrogênio em células a combustível, como as SOFCs (Células a Combustível de Óxido Sólido).

## **CONCLUSÃO**

Inúmeros óleos vegetais e gorduras vêm sendo testados para a produção de biodiesel. As matérias graxas são investigadas e utilizadas de acordo com a sua disponibilidade e abundância no país a ser testado.

Assim, com a intenção de melhorar a produção com produtos mais limpos, rápidos e economicamente viáveis, a gordura retirada do esgoto (espuma) é uma boa opção de matéria prima viável para produção de biodiesel.

**Tabela 2.** Volumes de esgoto coletado e tratado nos estados brasileiros e potencial de produção de biodiesel e bioglicerol da espuma segundo dados da SNIS(2012)

Estado	Esgoto gerado (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /ano)	Esgoto coletado (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /ano)	Esgoto tratado (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /ano)	sólidos (ton/ano)	escuma (ton/ano)	etanol utilizado (ton/ano)	biodiesel (ton/ano)	glicerina (ton/ano)	Energia elétrica utilizada (GWh) <sup>2</sup>	Energia elétrica gerada estimada (GWh)	
										do biodiesel <sup>3</sup>	da glicerina
São Paulo (SP)	4.578,93	2.075,09	1.411,06	1.128.845	112.884	20.048	117.176	13.098	3627	371,1	6,021
Minas Gerais (MG)	1.479,34	679,95	301,07	240.859	24.086	4.278	25.002	2.795	1174	79,2	1,285
Rio de Janeiro (RJ)	1.999,70	731,56	459,92	367.933	36.793	6.534	38.192	4.269	1231	120,9	1,963
Bahia (BA)	789,31	271,45	234,87	187.892	18.789	3.337	19.503	2.180	727	61,8	1,002
Rio Grande do Sul (RS)	878,05	184,28	78,82	63.060	6.306	1.120	6.546	732	587	20,7	0,336
Paraná (PR)	769,10	315,72	310,68	248.547	24.855	4.414	25.800	2.884	657	81,7	1,326
Pernambuco (PE)	633,48	74,45	63,23	50.583	5.058	898	5.251	587	550	16,6	0,270
Ceará (CE)	453,42	93,07	84,44	67.548	6.755	1.200	7.012	784	239	22,2	0,360
Pará (PA)	256,81	7,93	2,13	1.705	170	30	177	20	210	0,6	0,009
Maranhão (MA)	410,45	52,10	15,56	12.450	1.245	221	1.292	144	223	4,1	0,066
Santa Catarina (SC)	488,26	48,69	47,57	38.052	3.805	676	3.950	442	314	12,5	0,203
Goiás (GO)	385,60	134,25	115,06	92.047	9.205	1.635	9.555	1.068	330	30,3	0,491
Paraíba (PB)	249,90	67,39	55,60	44.484	4.448	790	4.617	516	222	14,6	0,237
Espírito Santo (ES)	316,92	26,70	24,89	19.909	1.991	354	2.067	231	194	6,5	0,106
Amazonas (AM)	318,94	82,35	64,22	51.378	5.138	912	5.333	596	181	16,9	0,274
Rio Grande do Norte (RN)	257,99	28,04	23,61	18.891	1.889	336	1.961	219	266	6,2	0,101
Alagoas (AL)	187,52	40,65	29,13	23.302	2.330	414	2.419	270	169	7,7	0,124
Piauí (PI)	198,80	8,39	7,81	6.251	625	111	649	73	126	2,1	0,033
Mato Grosso (MT)	241,28	24,45	15,04	12.029	1.203	214	1.249	140	117	4,0	0,064
Distrito Federal (DF)	236,27	118,81	118,81	95.047	9.505	1.688	9.866	1.103	274	31,2	0,507
Mato Grosso do Sul (MS)	190,56	38,15	35,04	28.029	2.803	498	2.909	325	163	9,2	0,150
Sergipe (SE)	194,12	19,61	17,46	13.968	1.397	248	1.450	162	213	4,6	0,075
Rondônia (RO)	87,15	2,72	1,55	1.243	124	22	129	14	51	0,4	0,007
Tocantins (TO)	91,25	8,14	7,99	6.389	639	113	663	74	57	2,1	0,034
Acre (AC)	46,98	4,71	4,70	3.760	376	67	390	44	29	1,2	0,020
Amapá (AP)	70,92	2,43	2,28	1.824	182	32	189	21	0	0,6	0,010
Roraima (RR)	51,12	8,26	8,26	6.607	661	117	686	77	20	2,2	0,035
<b>BRASIL</b>	<b>15.862,17</b>	<b>5.149,35</b>	<b>3.540,79</b>	<b>2.832.629</b>	<b>283.263</b>	<b>50.307</b>	<b>294.031</b>	<b>32.867</b>	<b>3627</b>	<b>931,1</b>	<b>15,110</b>

<sup>2</sup> Soma da energia elétrica utilizada no tratamento de água e no tratamento de esgoto.

<sup>3</sup> Estimando o poder calorífico do biodiesel de 38000 kJ/kg e eficiência de geração elétrica de um motor de 30%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J. **Espuma x Escuma**. 2011. Disponível em: <<http://jorcyaguiar.blogspot.com.br/2011/05/espuma-x-escuma.html>>. Acesso em: 18 dez. 2013.

BRANCO, A.; NASATO S. D.; COLPANI, G. L. **Biodiesel**. Florianópolis. UFSC. 2007.

Disponível em: <[http://www.eng.ufsc.br/labs/probio/disc\\_eng\\_bioq/trabalhos\\_grad/trabalhos\\_grad\\_2006-2/biodiesel.doc](http://www.eng.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_grad/trabalhos_grad_2006-2/biodiesel.doc)>. Acesso em: 19 ago. 2014.

CHAGAS, W. F. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da ilha do governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro**. [Mestrado], Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 2000, 89 p.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. Química Nova, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2004.

EBC. **Cada R\$ 1 investido em saneamento economiza R\$ 4 em saúde, estimam especialistas**.

Disponível em:

<<http://www.ebc.com.br/noticias/brasil/2013/03/cada-r-1-investido-em-saneamento-economiza-r-4-em-saude-estimam>>. Acesso em: 21 ago. 2014.

OLIVEIRA, L. B. **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia, COPPE, Rio de Janeiro, 2004. 80 p.

PEDROSO, L.R.M. **Aproveitamento Energético de Passivos Ambientais de Estação de Tratamento de Esgoto - ETE - Produção de Biodiesel à partir de Gordura de Esgoto da ETE - Alegria**. 5º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel 8º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Salvador. 2012.

SNIS. **Sistema Nacional de Informação do Saneamento Básico - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2011**. Disponível em:

<[http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/DiagAE\\_2011.pdf](http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/prof/arq/DiagAE_2011.pdf)> Acesso em: 18 fev. 2014

SOUZA A.C.C.; SILVEIRA J.L. **Hydrogen Production Utilizing Glycerol from Renewable Feedstocks: The Case of Brazil**. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 1835-1850.