

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS MEDIANEIRA**

**FRANCIELI PÊGO
THIAGO REGINATO**

**SÍNTESE DE BIODIESEL A PARTIR DE GORDURA SUÍNA:
DEFINIÇÃO DA ROTA DE OBTENÇÃO E PARÂMETROS DO
PROCESSO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MEDIANEIRA
2011**

**FRANCIELI PÊGO
THIAGO REGINATO**

**SÍNTESE DE BIODIESEL A PARTIR DE GORDURA SUÍNA:
DEFINIÇÃO DA ROTA DE OBTENÇÃO E PARÂMETROS DO
PROCESSO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial à obtenção do Grau de Tecnólogo, no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, promovido pela UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Medianeira*.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Arioli
Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Eyng

MEDIANEIRA

2011



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em
Gestão Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

SÍNTESE DE BIODIESEL A PARTIR DE GORDURA SUÍNA: DEFINIÇÃO DA ROTA DE OBTENÇÃO E PARÂMETROS DO PROCESSO

Por

Francieli Pêgo

Thiago Reginato

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 18:40 h do dia 30 de novembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Medianeira. Os candidatos foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Rafael Arioli
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Orientador)

Prof. Dr. Laércio M. Frare
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

Prof. Dr. Eduardo Eyng
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Co-orientador)

Prof. Dr. Paulo R. S. Bittencourt
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

À memória de Ronald Bastos Freire – Sábio professor que acima de todas suas atribuições soube plantar em nós como ninguém a semente do saber, além das teorias, além das práticas, além das fronteiras.

À Nilton e Ilaine Pêgo, Silvia Cechelle e Idimir Reginato pelas nossas vidas e por aquele sempre “vai em frente”.

AGRADECIMENTOS

Pena que as palavras aqui descritas sejam áridas e insuficientes para retratar a dimensão de certos sentimentos e agradecimentos.

Agradecemos primeiramente a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela oportunidade, pelo seu ensino público, gratuito e de qualidade.

Aos colegas de classe pelos anos maravilhosos que pudemos vivenciarmos juntos, mal começou e já sentimos saudades.

Reverenciamos também nossos orientadores, professores Rafael Arioli e Eduardo Eyng pelo apoio incondicional na realização desse trabalho, pela idéia inicial que deu ponta pé ao estudo e pelas inúmeras correções e ajustes auxiliados necessários.

Aos nossos familiares pela companhia diária, apoio constante e acima de tudo por serem sempre o nosso porto seguro, muitas vezes deixando de realizar o seus sonhos para que pudéssemos realizar os nossos. No êxito da nossa conquista há muito da presença de vocês.

Há Universidade Estadual de Maringá, pelo auxílio nos testes laboratoriais.

Agradecemos ao nosso colega Gustavo Araujo Alves por ter iniciado a saga do estudo do biodiesel, o trabalho do mesmo foi de vital importância para termos êxito no nosso. Muito Obrigado.

Por ultimo e não menos importante agradecemos a Deus, pela existência, força e determinação concedidas, em todos os momentos de nossas vidas.

“Na natureza nada se cria, nada se perde,
tudo se transforma”.
(Antonie Lavoisier)

RESUMO

PÊGO, Francieli; REGINATO, Thiago. SÍNTESE DE BIODIESEL A PARTIR DE GORDURA SUÍNA: DEFINIÇÃO DA ROTA DE OBTENÇÃO E PARÂMETROS DO PROCESSO. 2011. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de carne suína, tanto para o consumo interno quanto para exportação. Destacam-se grandes empresas frigoríficas que processam a carne agregando valor. Nesta cadeia produtiva de transformação de insumos em um produto final, ocorre o rejeito de materiais como, por exemplo, a gordura suína. Esta gordura pode ser uma das alternativas para geração de energia, mais especificamente por meio da produção de biodiesel. Neste trabalho foram desempenhados testes que visavam à síntese do biodiesel a partir de gordura suína. A produção de biodiesel via catálise básica não foi viável devido ao alto teor de umidade e ácidos graxos livres presentes na gordura suína, sendo possível perceber a saponificação da mistura reacional. Já na produção de biodiesel via catálise ácida os resultados foram satisfatórios, como pode ser comprovado pelo rendimento em teor de ésteres e glicerol livre residual no biodiesel produzido.

Palavras-Chave: Biodiesel, energia renovável, gordura suína, transesterificação.

ABSTRACT

PÊGO, Francieli, REGINATO, Thiago. SUMMARY OF BIODIESEL FROM FAT SWINE: DEFINITION OF THE ROUTE TO OBTAIN AND PROCESS PARAMETERS. 2011. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

Brazil is a leading global producer of swine, both for domestic consumption and for export. Among them are large companies that process meat refrigerated adding value. In this supply chain transformation of inputs into a final product, is the waste of materials such as swine fat. This fat can be an alternative for power generation, specifically through the production of biodiesel. This work was performed tests aimed at the synthesis of biodiesel from swine fat. Biodiesel production via basic catalysis was not feasible due to high moisture and free fatty acids, and you can see the saponification of the reaction mixture. In the production of biodiesel via acid catalysis results were satisfactory, as can be seen in the income level of free glycerol esters and residual biodiesel.

Keywords: Biodiesel, renewable energy, swine fat, transesterification.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Transformação de triglicerídeos em biodiesel.....	22
Figura 2 – Reação de Hidrólise	22
Figura 3 - Reação de transesterificação via catálise ácida.	23
Figura 4 – Gordura triturada	30
Figura 5 – Processo de liquefação da gordura.....	30
Figura 6 – Agitador magnético com amostra.....	34
Figura 7 - Funis de separação gravitacional	39
Figura 8 – Funis de separação contendo amostras de biodiesel	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características da matéria-prima.....	31
Tabela 2 – Condições operacionais testadas para a produção de biodiesel via catálise básica.....	33
Tabela 3 – Condições operacionais testadas para a produção de biodiesel via catálise ácida.....	34
Tabela 4 – Teor de umidade da matéria-prima	37
Tabela 5 – Teor de ácidos graxos livres.....	38
Tabela 6 – Rendimento em ésteres e teor de glicerol	39

LISTA DE SIGLAS

PNB	Produto Nacional Bruto
DBO	Demanda Bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda Química de oxigênio
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 FONTES DE ENERGIA	17
3.1.1 Evolução do processo produtivo	17
3.2 UTILIZAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS COMO FONTE DE ENERGIA	18
3.2.1 A problemática da utilização de combustíveis fósseis ao longo dos anos	19
3.3 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA	20
3.4 CONCEITOS GERAIS SOBRE PRODUÇÃO DE BIODIESEL	21
3.5 UTILIZAÇÃO DE BIODIESEL COMO FONTE DE ENERGIA	23
3.6 GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA	26
3.6.1 Impactos ambientais causados por resíduos de abatedouros de suínos	26
3.6.2 Aproveitamento de resíduos de abatedouro de suínos na produção de Biodiesel	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 MATERIAIS	29
4.2 MÉTODOS	29
4.3 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	30
4.4 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	31
4.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE	31
4.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁCIDOS GRAXOS LIVRES	32
4.5 PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA CATÁLISE BÁSICA	33
4.6 PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA CATÁLISE ÁCIDA	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	36
5.1.1 Teor de umidade	36
5.1.2 Teor de ácidos graxos livres	37
5.2 PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA CATÁLISE BÁSICA	38
5.3 PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA CATÁLISE ÁCIDA	39
6. CONCLUSÕES	41

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	42
8. REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

Familiarizados com o uso generalizado da gasolina para propulsão mecânica dos veículos, também cientes de que grande parte dos problemas de poluição do ar nas cidades origina-se das emissões dos motores movidos a gasolina, e de que os combustíveis fósseis quando são queimados produzem grandes quantidades de gases indutores do efeito estufa, as atenções estão se voltando para o desenvolvimento de fontes alternativas de combustíveis de combustão mais limpa (BAIRD, 2002).

Assim, a utilização do biodiesel em substituição ao diesel, caracteriza uma opção interessante, pois a queima deste combustível proporciona uma queda nas emissões de monóxido e dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio e dióxido de enxofre. Segundo GOMES (2005), os níveis de redução podem chegar a 58,9% de CO, 8,6% de CO₂, 32,5% de NO_x e 57,7% de SO₂. Além disso, outra vantagem importante do biodiesel se refere ao fato deste poder ser obtido de diversas fontes, como óleos e gorduras, tanto vegetais quanto animais, incluindo-se fontes de óleos e gorduras já utilizados em outros processos.

A carne suína é a mais consumida do mundo, sendo que o Brasil é o quarto produtor mundial, atrás apenas da China, União Européia e Estados Unidos. Também é o quarto exportador mundial deste produto, sendo União Européia, Estados Unidos e Canadá os três primeiros, nesta ordem. (ABIPECS, 2006).

Convém destacar que a região Oeste do Paraná constitui-se na maior produtora de suínos do estado. Nessa região estão instalados grandes empresas como Sadia, Frimesa e Coopavel que realizam cerca de 6 mil abates por dia (FERNANDES, 2005).

Levando em conta o crescimento da produção de carne suína no Brasil, a geração de resíduos gordurosos com baixo valor agregado por este segmento e a flexibilidade da produção de biodiesel quanto à matéria-prima, o

presente trabalho procurou definir uma rota de obtenção de biodiesel a partir de gordura suína, visando agregar valor a um produto de pouca valorização, bem como obter um combustível renovável com as vantagens anteriormente citadas. Contribuindo assim com os testes preliminares para promover a produção de biodiesel através da gordura suína.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a produção de biodiesel via catálise básica e ácida em escala de bancada a partir de gordura suína, visando definir os principais parâmetros envolvidos no processo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efetuar o tratamento de resíduos gordurosos de um frigorífico de suínos, por meio da produção de biodiesel tanto via catálise básica quanto ácida.
- Determinar a influência de variáveis como temperatura, razão gordura/álcool, razão gordura/catalisador, tempo reacional, sobre o rendimento da reação de transesterificação.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 FONTES DE ENERGIA

O homem, desde as eras primitivas até as atuais, é acompanhado de problemas com a utilização de energias. A única diferença que surgiu com o passar dos anos foi que atualmente há uma capacidade de transformar diversas fontes de energia em outras que melhorem suas vidas.

Segundo Cardoso, Rocha e Rosa (2009), todo e qualquer fenômeno que acontece na natureza necessita de energia para ocorrer. A vida na terra requer basicamente matéria e energia. Ainda segundo esses mesmos autores, a primeira forma utilizada pela humanidade para gerar energia foi o fogo (combustão).

A partir do fogo o homem começou a requerer mais e mais energia para suprir suas necessidades. Com o passar do tempo estudaram maneiras de obter trabalho através de diversas fontes materiais de fornecimento de energia, mais tarde classificando-as em renováveis e não renováveis.

São exemplos de fontes de energia renováveis: energia solar direta, energia eólica, biogás, bicomustíveis, energia elétrica, entre outras. Já as não renováveis também constituem um grupo grande, sendo: carvão mineral, combustíveis fósseis e seus derivados, combustíveis nucleares, entre outros.

3.1.1 Evolução do processo produtivo

O Ser Humano percebeu que a forma como vem conduzindo seus processos produtivos, desde a revolução industrial, provoca problemas socioambientais, com um potencial crescente de impactos que afetam drasticamente e de um modo alto sua saúde e qualidade de vida (SEIFFERT, 2007).

Alguns prognósticos mais extremistas e pessimistas chegam a até considerar que é possível uma futura extinção do ser humano. A natureza já deixou claro que a cada ação existe uma reação.

A incapacidade dos seres humanos em utilizar recursos naturais do planeta de modo sustentável acabou por gerar tamanho desequilíbrio ambiental que está se tornando incapaz de sustentar sua própria existência.

Desde a década de 70 se vê o surgimento internacional da “economia ambiental”, como consequência da inquietação global quanto à sustentabilidade dos sistemas de produção vigentes, sistemas estes que com o permear dos anos viriam a se apresentar incompatíveis com a sustentabilidade intergeracional, ou seja, que não conseguiria garantir qualidade ambiental e de vida às gerações futuras (ALVES, 2010)

Ainda segundo Alves (2010), nesta época com a crise energética, desenvolveram-se novas tecnologias para o uso final da energia, o que possibilitou utilizar menos energia para realizar as mesmas tarefas, havendo então uma separação entre o PNB (Produto Nacional Bruto) e o crescimento da energia em países industrializados. Mas o desenvolvimento de novas tecnologias não afetou apenas os países industrializados, países em desenvolvimento também puderam utilizar-se de inovações tecnológicas para aumentar a eficiência de transformação energética, gerando um comportamento mais eficiente na produção de energias.

3.2 UTILIZAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS COMO FONTE DE ENERGIA

A revolução Industrial baseou-se no uso intensivo de grandes reservas de recursos naturais, mas particularmente de combustíveis fósseis, abrindo caminho para uma expansão inédita da escala das atividades humanas, que pressiona fortemente a base de recursos naturais do planeta. (SEIFFERT, 2007).

Ou ainda, mesmo que todas as atividades produtivas humanas respeitassem princípios ecologicamente básicos, sua expansão não poderia ultrapassar os limites ambientais que definem a capacidade de 'carga' do planeta.

Suprir a demanda energética mundial tem sido um grande desafio para nossa sociedade. A contínua elevação do preço do barril de petróleo e as questões ambientais associadas à queima de combustíveis fósseis também têm contribuído para colocar a humanidade frente à necessidade de novas fontes energéticas. O uso em larga escala da energia proveniente da biomassa é apontado como uma grande opção que poderia contribuir para o desenvolvimento sustentável nas áreas ambiental, social e econômica. Antes mesmo do diesel de petróleo, os óleos vegetais foram testados e utilizados como combustíveis nos motores do ciclo diesel. Por razões tanto econômicas quanto técnicas, estes deram lugar ao diesel de petróleo. O baixo preço e a oferta dos derivados de petróleo, na época, influenciaram decisivamente na escolha pelo diesel mineral (LOBO e FERREIRA, 2009).

A maior parte de toda a energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão e do gás natural. Essas fontes são limitadas e com previsão de esgotamento no futuro, portanto, a busca por fontes alternativas de energia é de suma importância (FERRARI e OLIVEIRA, 2005).

3.2.1 A problemática da utilização de combustíveis fósseis ao longo dos anos

A origem dos impactos ambientais gerados pelos ecossistemas antrópicos nos ecossistemas naturais está associada a características bastante peculiares do ser humano (SEIFFERT, 2007). Isso porque o ser humano tem a capacidade de alterar as características do meio que o cerca e a cada dia mais passou a criar substâncias sintéticas, cujas características químicas são muito menos ou nada degradáveis.

Com o passar dos anos houve um aumento no volume de produção associado a uma maior demanda por bens e serviços gerados pelo aumento do contingente populacional, onde se potencializou a degradação ambiental.

Historicamente, em virtude da percepção dos desequilíbrios ambientais, que foram se avultando ao longo dos anos, as pessoas vêm apresentando

maior preocupação com a conservação do meio ambiente, mas infelizmente observa-se que os sistemas energéticos ainda baseiam seus estilos de crescimento em fontes de energia não-renováveis (carvão, gás natural e petróleo). O sistema produtivo mundial ainda é sustentado por materiais que foram descobertos a mais de dois séculos e com algumas ressalvas ainda há a possibilidade de se manterem as proporções de produção em um limite aceitável (ALVES, 2010).

Para o cenário futuro de consumo energético se observa uma forte tendência à escassez de combustíveis fósseis, sendo assim a dependência por estes combustíveis será um obstáculo a ser transposto.

Alves (2010) afirma que os derivados de petróleo são de importância relevante no cenário energético global. Problemas como disponibilidade e acesso a estas fontes energéticas vem agravando conflitos entre países produtores e consumidores, podendo ser destacadas as guerras nos países do Oriente Médio, causando enormes impactos econômicos globais.

3.3 FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA

O mundo atual vive um desafio: continuar seu desenvolvimento e atender as necessidades do homem moderno sem, contudo, degradar de modo irracional o meio ambiente (ALVES 2010).

A dependência crítica da economia moderna em relação à energia em suas diversas formas salienta a necessidade de um uso mais racional e efetivo, por toda a sociedade, dos recursos energéticos (CAMARGO; BORNTEIN, 1997).

Existem idéias e esforços para se criarem formas alternativas e racionais de uso da energia que causem menos impactos ambientais. Segundo Montenegro (1998) são exemplos de energia capturáveis e mais “limpas”:

hidroeletricidade, energia solar, energia eólica, energia das ondas e das marés, energia geotérmica, gás hidrogênio, biomassa, bicompostíveis, etc.

As fontes alternativas de energia para uma prospecção futura serão os melhores substituintes dos modelos energéticos baseados em combustíveis fósseis, esta substituição se dará progressivamente à medida que as reservas forem se esgotando (ALVES, 2010).

3.4 CONCEITOS GERAIS SOBRE PRODUÇÃO DE BIODIESEL

O processo mais utilizado para produção de biodiesel é a transesterificação. A transesterificação de óleos vegetais e gordura animal para a obtenção de biodiesel é uma alternativa para a produção de combustíveis menos poluentes.

A reação de transesterificação obedece ao princípio de Le Chatelier, que estabelece que qualquer alteração em uma das concentrações das espécies envolvidas no equilíbrio provocará uma reação do sistema de maneira a restabelecer o equilíbrio (FERREIRA *et al.*, (1997) *apud* ALVES (2010).

Esse processo nada mais é do que um processo químico no qual um triglicerídeo presente em óleos vegetais e/ou gordura animal reage com álcool na presença de um ácido forte ou base para produzir uma mistura de ésteres de ácidos graxos e glicerol.

Após o processo de transesterificação, obtém-se um produto constituído de duas fases. Na fase mais densa fica a glicerina e na fase menos densa fica o éster, apresentado na Figura 1. Ambas as fases estão contaminadas com álcool que não reagiu, água e impurezas.

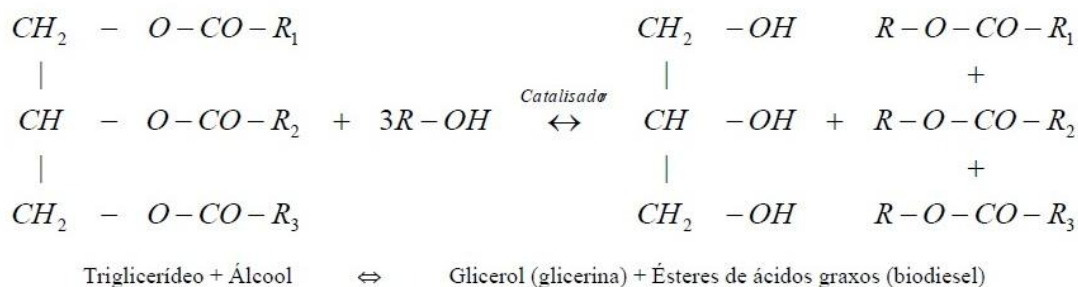


Figura 1- Transformação de triglicerídeos em biodiesel

Fonte: Adaptado de Leung e Leung (2009) *apud* Alves (2010).

Em relação aos alcoóis, geralmente são usados os de cadeia curta, como o etanol e o metanol. No caso do Brasil o uso do etanol anidro é vantajoso, pois o mesmo é produzido em larga escala e seu processo de fabricação através da biomassa é totalmente independente do petróleo.

Quanto aos catalisadores, a reação pode ser tanto em meio ácido quanto básico. Ele ocorre mais rapidamente em meio básico, mas esse processo traz um ponto negativo: segundo Gustavo, 2010, algumas reações secundárias podem diminuir o rendimento da reação principal (obtenção de ésteres de ácidos graxos). Assim, na catálise básica pode haver a reação de saponificação entre ácidos graxos livres e a base resultando em sabão e água.

A água proveniente da reação de saponificação, somada ao teor de umidade apresentado inicialmente pela gordura, pode resultar na reação de hidrólise, como apresentado na Figura 2, que consiste na “quebra” da molécula de triglicerídeo, produzindo mais ácidos graxos livres, que por sua vez podem participar da reação de saponificação apresentada anteriormente.



Figura 2 – Reação de Hidrólise

Fonte: Adaptado de Leung e Leung (2009) *apud* Alves (2010).

Ainda segundo Alves, 2010, as reações de saponificação são extremamente prejudiciais ao processo de transesterificação, gerando dificuldades na separação destes compostos dos ésteres. Quanto maior a quantidade de sabão presente nos ésteres, menores são os níveis de pureza do biodiesel, o que leva a um menor desempenho do combustível.

A transesterificação também pode ocorrer via catálise ácida, esta via é a mais indicada quando a matéria prima utilizada no processamento apresenta altos teores de ácidos graxos livres como descreve Leung e Leung (2009) *apud* Alves (2010). A utilização de um catalisador ácido é extremamente útil para o tratamento de óleos e gorduras com elevado teor de ácidos graxos livres, pois evita a formação de sabões. Esta reação pode ser demonstrada através da Figura 3, onde o ácido graxo é quebrado sendo transformado em éster (biodiesel) e água.

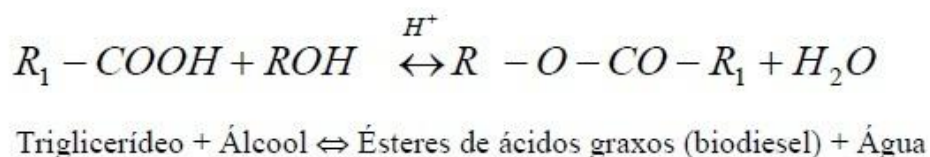


Figura 3 - Reação de transesterificação via catálise ácida.

Fonte: Adaptado de Leung e Leung (2009) *apud* Alves (2010).

3.5 UTILIZAÇÃO DE BIODIESEL COMO FONTE DE ENERGIA

O biodiesel, é um combustível de origem vegetal que, além de ser barato, tem a vantagem de ser renovável, não contribuir para o efeito estufa e possuir um nível de biodegradabilidade maior que o diesel. O biodiesel apresenta ainda, vantagens ambientais, pois permite reaproveitar resíduos energéticos, com economia dos recursos naturais não renováveis e que, geralmente, são dispostos no ambiente de forma inadequada, destacando-se os esgotos, rios, lixões, dentre outros. A possibilidade de ocorrência de chuvas ácidas ocasionadas pela combustão do biodiesel é reduzida uma vez que este combustível possui teor de enxofre 400 vezes menor que o encontrado no

diesel oriundo do petróleo, além de não produzir resíduos poluentes no processamento do biodiesel (WUST, 2004).

Como combustível o biodiesel possui algumas características que representam vantagem sobre os combustíveis derivados do petróleo, tais como: virtualmente livre de enxofre e de compostos aromáticos; alto número de cetano (correspondente a octanos na gasolina); teor médio de oxigênio; maior ponto de fulgor; menor emissão de partículas, menor emissão de CO e CO₂; caráter não tóxico e biodegradável, além de ser proveniente de fontes renováveis.

Segundo Ferrari *et al*, (2005), a utilização de biodiesel como combustível vem apresentando um potencial promissor no mundo inteiro, sendo um mercado que cresce aceleradamente devido, em primeiro lugar, a sua enorme contribuição ao meio ambiente, com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental, principalmente nos grandes centros urbanos. Em segundo lugar, como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo. O mesmo cita países como França, Áustria, Alemanha, Bélgica, Reino Unido, Itália, Holanda, Finlândia, Estados Unidos, Japão e Suécia que vêm investindo significativamente na produção e viabilização comercial do biodiesel, através de unidades de produção com diferentes capacidades. Também se pode dizer que para o Brasil esta é uma tecnologia bastante adequada, devido à disponibilidade de óleo de soja e de álcool etílico derivado da cana-de-açúcar. No entanto, a comercialização do biodiesel ainda apresenta alguns gargalos tecnológicos, surgindo como obstáculos para sua comercialização o preço da matéria-prima e os custos operacionais.

Ainda segundo Ferrari *et al* (2005), o Brasil apresenta grandes vantagens para produção de bicompostíveis, pois apresenta geografia favorável, situa-se em uma região tropical, com altas taxas de luminosidade e temperaturas médias anuais. Associada a disponibilidade hídrica e regularidade de chuvas, torna-se o país com maior potencial para produção de energia renovável.

O Brasil consome cerca de 35 milhões de t/ano de óleo diesel, assim, com ampliação deste mercado, a economia de petróleo importado seria expressiva, podendo inclusive minimizar o déficit de nossa balança de

pagamentos. Esse bicomcombustível, quando comparado ao diesel, oferece vantagens para o meio ambiente como a redução de emissões de dióxido de carbono. Além disso, no processo de transesterificação resulta como subproduto a glicerina sendo seu aproveitamento outro aspecto importante na viabilização do processo de produção do biodiesel, fazendo com que ele se torne competitivo no mercado de combustíveis.

A maior parte do biodiesel atualmente produzido no mundo deriva do óleo de soja, utilizando metanol e catalisador alcalino. Porém, todos os óleos vegetais enquadrados na categoria de óleos fixos ou triglicerídeos podem ser transformados em biodiesel (FERRARI *et al*, 2005).

De um modo geral, biodiesel foi definido pela “National Biodiesel Board” dos Estados Unidos como o derivado monoalquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal, cuja utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão (motores do ciclo Diesel) (NETO *et al*, 2000).

O biodiesel pode ser utilizado puro ou em misturas com o diesel convencional, em diferentes proporções. As misturas podem receber denominações de acordo com os percentuais do biodiesel adicionados à mistura, como por exemplo, B20 para misturas contendo 20% deste bicomcombustível (WUST, 2004).

Atualmente no Brasil a lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005 estabeleceu a obrigatoriedade da mistura do biodiesel ao diesel mineral com 2% e, após 2013, com 5% do volume total.

3.6 GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA

3.6.1 Impactos ambientais causados por resíduos de abatedouros de suínos

Muitos resíduos de abatedouros podem causar problemas ambientais graves se não forem gerenciados adequadamente. A maioria é altamente putrescível e, por exemplo, pode causar odores se não processada rapidamente nas graxarias anexas ou removida adequadamente das fontes geradoras no prazo máximo de um dia, para processamento adequado por terceiros (CETESB, 2008).

“Os principais impactos ambientais da indústria de carne e derivados estão ligados a um alto consumo de água, à geração de efluentes líquidos com alta carga poluidora, principalmente orgânica, e a um alto consumo de energia. Odor, resíduos sólidos e ruído também podem ser significativos para algumas empresas do setor (CETESB, 2008).

Os poluentes atmosféricos gerados nos abatedouros, em geral são liberados pela queima de combustíveis nas caldeiras que produzem vapor para os processos produtivos - seja para as operações de abate ou para as graxarias, caso estejam anexas aos abatedouros. Neste caso, óxidos de enxofre e de nitrogênio e material particulado são os principais poluentes a considerar (CETESB, 2008).

O consumo de água em abatedouros segue padrões de higiene das autoridades sanitárias, devido a isso resultam no uso de grande quantidade de água. Os principais usos de água são para: consumo animal e lavagem dos animais, lavagem dos caminhões, escaldagem e “toilette” para suínos, lavagem de carcaças, vísceras e intestinos, movimentação de subprodutos e resíduos, limpeza e esterilização de facas e equipamentos, limpeza de pisos, paredes, equipamentos e bancadas, geração de vapor, resfriamento de compressores. Mas absolutamente o principal fator que afeta o volume de água consumido são as práticas de lavagem.

Segundo Cetesb (2008) o consumo de energia depende, entre outros aspectos, do tipo de abatedouro, da extensão de processamento da carne e da presença ou não de graxaria na unidade industrial. Utiliza-se energia térmica

(Cerca de 80 a 85%) na forma de vapor e água quente para a esterilização e limpeza nos abatedouros e energia elétrica (cerca de 15 a 20%) na operação de máquinas e equipamentos de refrigeração.

Ainda segundo Cetesb, (2008) o uso de produtos químicos em abatedouros está relacionado principalmente com os procedimentos de limpeza e sanitização, por meio de detergentes, sanitizantes e outros produtos auxiliares. São utilizados detergentes alcalinos para dissolverem e quebrarem proteínas, gorduras, carboidratos e outros tipos de depósitos orgânicos. Já detergentes ácidos são utilizados para dissolver depósitos de óxido de cálcio.

Desta forma, a escolha dos detergentes deve considerar, além da sua finalidade principal (limpeza e higienização), os possíveis efeitos na estação de tratamento dos efluentes líquidos industriais. Por exemplo, algumas estações têm capacidade de remover fosfatos, enquanto outras podem tratar efluentes com EDTA, fosfonatos ou compostos similares. Mas dependendo do sistema de tratamento instalado, estes e outros compostos presentes nos detergentes e desinfetantes não são removidos ou degradados e também podem causar distúrbios no sistema. Alguns resíduos de detergentes permanecem nos lodos das estações de tratamento de efluentes, o que pode limitar as opções de disposição final destes lodos (CETESB, 2008)

Já os efluentes líquidos, segundo Cetesb (2008) caracterizam-se principalmente por:

- Alta carga orgânica, devido à presença de sangue, gordura, esterco, conteúdo estomacal não-digerido e conteúdo intestinal;
- Alto conteúdo de gordura;
- Flutuações de pH em função do uso de agentes de limpeza ácidos e básicos;
- Altos conteúdos de nitrogênio, fósforo e sal;
- Flutuações de temperatura (uso de água quente e fria).

Os despejos de abatedouros possuem altos valores de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e DQO (demanda química de oxigênio). Fragmentos de carne, de gorduras e de vísceras normalmente podem ser encontrados nos efluentes. Portanto, juntamente com sangue, há material altamente putrescível nestes efluentes, que entram em decomposição poucas horas depois de sua geração, tanto mais quanto mais alta for a temperatura ambiente.

Os efluentes líquidos a serem divididos em duas correntes (ou linhas): a linha “verde”, que contém os efluentes líquidos gerados em áreas sem presença de sangue (por exemplo, recepção – lavagens de pátios, caminhões, currais ou pocilgas, condução/“seringa”, bucharia e triparia) e a linha “vermelha”, com os efluentes que contêm sangue (de várias áreas do abate em diante). Isto é feito para facilitar e melhorar seu tratamento primário (físico-químico), que é feito separadamente, permitindo remover e segregar mais e melhor os resíduos em suspensão destes efluentes, de forma a facilitar e aumentar possibilidades para sua destinação adequada (CETESB, 2008).

O aproveitamento destes resíduos com alta carga de gordura é de extrema importância na diminuição do impacto ambiental. A transformação destes resíduos então com altos índices de gordura em bicomcombustíveis estará contribuindo para a retirada dos sistemas de tratamento efluentes de compostos orgânicos em grande escala. Sem contar com a significativa diminuição de emissões atmosféricas de motores a combustão.

3.6.2 Aproveitamento de resíduos de abatedouro de suínos na produção de Biodiesel

Em frigoríficos de suínos, durante o processamento de desossa, são gerados resíduos como as aparas resultantes desta operação, sendo geralmente aproveitadas na produção de derivados de carne. Os ossos e partes gordurosas não comestíveis são encaminhados às graxarias, para serem transformadas em sebo ou gordura animal industrial e farinhas para rações (PACHECO, 2008). Levando em conta o crescimento da produção de carne suína no Brasil, estes resíduos gordurosos constituem uma fonte potencial para outros fins, como por exemplo, a produção de biodiesel.

Conciliando a flexibilidade quanto à matéria-prima para a produção de biodiesel, seu apelo ambiental e a disponibilidade destes resíduos gordurosos, a produção de biodiesel a partir de rejeitos gordurosos de frigoríficos de suínos, essa seria uma destinação correta para os mesmos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados durante a realização deste trabalho foram:

- Ácido Sulfúrico PA;
- Agitador magnético com aquecimento;
- Álcool etílico 99,5%;
- Balança de precisão;
- Balão volumétrico;
- Béquer;
- Bico de bunsen
- Bureta
- Cadinho;
- Cápsula de porcelana
- Dessecador de atmosfera controlada;
- Erlenmeyer;
- Estufa;
- Espátula;
- Fenolftaleína;
- Funil de separação
- Gordura suína in natura (toucinho)
- Hidróxido de Sódio PA
- Solução de Hidróxido de Sódio 0,25 M;
- Liquidificador;
- Manta de aquecimento;
- Pêra;
- Pinça;
- Pipeta;
- Proveta;
- Termômetro;

4.2 MÉTODOS

Os métodos utilizados na elaboração deste trabalho adotaram a seguinte ordem: Primeiramente foram realizados testes de caracterização do material para a produção de biodiesel, especificamente, teor de umidade e ácidos graxos livres. Posteriormente, procedeu-se a produção de biodiesel em escala de bancada.

4.3 PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A matéria-prima utilizada nos testes, toucinho suíno, foi comprada em um açougue do município de Medianeira, no estado do Paraná, em estado fresco. Na preparação do material, utilizou-se uma faca para remover pedaços de gordura cutânea e subcutânea. A gordura cortada em cubos foi triturada em um liquidificador manual no intuito de deixar o material pastoso, facilitando a liquefação durante o aquecimento. Esta gordura pastosa está representada na Figura 4.

Em seguida, a gordura foi inserida em uma cápsula de porcelana e aquecida sob a tela de amianto no bico de Bunsen até a liquefação, conforme a Figura 5. Depois de liquefeita a gordura, foram removidas as impurezas compostas por carne, sangue e outros materiais.



Figura 4 – Gordura triturada



Figura 5 – Processo de liquefação da gordura

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Para o cálculo da massa molar da gordura fez-se uma estimativa por meio de média ponderada se baseado no percentual médio de ácidos graxos na gordura interna e externa de suínos, conforme os dados apresentados na Tabela 1. Com base nestes valores, tomando-se uma base de cálculo de 100g de gordura, estimou-se a massa molar da desta como sendo igual a 279 g/mol, valor obtido da razão entre o número de mols total e a massa de gordura (100g).

Tabela 1 – Características da matéria-prima

Ácido Graxo	Percentual em massa (%) [*]	Massa molar	Mols para 100g de gordura
Palmítico	30,2	256	0,12
Esteárico	14,5	284	0,05
Palmitoleico	2,8	254	0,01
Oleico	45,7	282	0,16
Linolênico	6,8	410	0,02
TOTAL	100,0		0,36

^{*} Adaptado de Forrest *et. all.* (1975)

4.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE

Para determinar o percentual de água do material na matéria-prima, utilizou-se o método Ca 2c-25 (“Moisture and Volatile Matter Air Oven Method”) da AOCS (“American Oil Chemists Society”).

Para isso, adotou-se o seguinte procedimento: Pesou-se aproximadamente 5g de gordura já liquefeita. Logo em seguida o material foi encaminhado à estufa durante 24 horas a uma temperatura de aproximadamente $130 \pm 1^{\circ}\text{C}$. A amostra foi retirada da estufa e mantida em um dessecador de atmosfera controlada por aproximadamente 15 minutos.

Posteriormente as amostras foram pesadas para verificar a quantidade de água evaporada. Este teste foi feito em quintuplicata.

Para o cálculo do teor de umidade foram usadas as diferenças entre as massas seca e úmida, respeitando a Equação 1 para calcular a porcentagem em massa de água do material.

$$\text{Teor de água (\%)} = \frac{\text{massa de água}}{\text{massa de gordura base úmida}} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

4.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁCIDOS GRAXOS LIVRES

Para determinar o percentual de ácidos graxos livres presente na amostra, foi utilizado o método Ca 5a-40 (“Free Fatty Acids”) da AOCS (“American Oil Chemists Society”).

Em um erlenmeyer foi pesado 7g de gordura já liquefeita. Em seguida, adicionou-se 75mL de álcool etílico 99,5% e fenolftaleína (conforme especificado pelo método para uma faixa de 1 a 30% de ácidos graxos livres, valor baseado no trabalho de Alves (2010)). Esta mistura foi aquecida em um agitador magnético com aquecimento a uma temperatura de $50^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Para determinar o teor de ácidos graxos livres, fez-se uma titulação com Hidróxido de Sódio 0,25 mol/L. Para garantia da qualidade dos dados obtidos, os testes foram realizados em quintuplicata.

No cálculo dos percentuais de ácidos graxos livres foi utilizada a fórmula apresentada na Equação 2 no método Ca 5a-40:

$$\text{Ácidos graxos livres para ácido oleico, \%} = \frac{\text{mL de base} \times \text{concentração de base} \times 28.2}{\text{massa em gramas da amostra}} \quad \text{Eq.2}$$

A Equação 02 fornece o teor de ácidos graxos livres em termos de ácido oléico. Para conversão para índice de acidez (miligramas de KOH necessárias para neutralizar 1 grama de amostra) é necessário efetuar a multiplicação pela constante 1,99.

4.5 PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA CATÁLISE BÁSICA

Na produção de biodiesel através da catálise básica foi adotado o seguinte procedimento: Em um Erlenmeyer foi inserido álcool etílico 99,5% a uma razão molar gordura:álcool de 1:7, ou seja, para cada 50g de gordura liquefeita adicionava-se 73mL de álcool. Na sequência, foi acrescentado hidróxido de sódio PA como catalisador, com 1% em relação à massa da gordura, ou seja, 0,5g.

O Erlenmeyer com a solução foi mantido no agitador magnético até a solubilização total do hidróxido de sódio. Na reação de transesterificação (produção de biodiesel) utilizou-se um agitador magnético conforme apresentado na Figura 6, sob o qual era disposto o Erlenmeyer contendo a amostra de gordura, álcool e catalisador. As misturas reacionais foram mantidas sob agitação e temperatura controlada, conforme condições apresentadas na Tabela 2.

A etapa de separação por diferença de densidade das fases leve (biodiesel) e pesada (glicerina) foi processada em um funil de separação de fases por aproximadamente 24 horas.

Tabela 2 – Condições operacionais testadas para a produção de biodiesel via catálise básica

Teste	Temperatura (°C)	Tempo (min.)
1	40	30
2	60	30
3	40	60
4	60	60
5	80	180
6	60	180



Figura 6 – Agitador magnético com amostra

4.6 PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA CATÁLISE ÁCIDA

Na produção de biodiesel através da catalise ácida, adotou-se a mesma razão molar gordura:álcool para a reação de transesterificação descrita na produção de biodiesel via catálise básica. Como catalisador, o hidróxido de sódio foi substituído pelo ácido sulfúrico PA. O tempo de aquecimento em todas as amostras foi padronizado em 180 minutos. Já as condições de temperatura e concentração de catalisador utilizadas nos ensaios, são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Condições operacionais testadas para a produção de biodiesel via catálise ácida

Amostras	Temperatura (°C)	Catalisador H ₂ SO ₄ (mL)	% em massa de catalisador (em relação à massa de gordura)
A	70	2,7	5
B	50	5,4	10
C	50	8,1	15
D	70	8,1	15

Um funil de separação de fases foi utilizado para separar o biodiesel da glicerina por diferença gravitacional, ficando por aproximadamente 24 horas. Após a separação das fases, o biodiesel foi lavado com uma solução de NaCl 20%, permanecendo sob agitação durante 2h a uma temperatura de 70°C. Na sequência, novamente procedeu-se a separação de fases, agora entre o biodiesel e a solução salina.

Para certificar-se que o produto final obtido através deste trabalho fosse o biodiesel, amostras foram enviadas para Universidade Estadual de Maringá – UEM (Departamento de Engenharia Química) para análise do teor de ésteres e glicerol residual.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de matéria prima (material gorduroso) são extremamente importantes para a qualidade do produto final. Uma matéria-prima com baixo teor de umidade e baixo teor de ácidos graxos livres é o que se busca para se obter um alto rendimento na produção de biodiesel.

5.1 RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

5.1.1 Teor de umidade

A qualidade final do biodiesel está baseada, além de outros fatores, no teor de umidade do material gorduroso. Para obter um material que possa ser transformado em biodiesel é necessário avaliar a quantidade de água presente na matéria prima.

Neste trabalho, mesmo utilizando a gordura in natura; esta apresentou um alto teor de umidade. Como salienta Lung e Lung (2009), o processo de transesterificação é influenciado pela quantidade de água presente no material.

Os resultados obtidos para o teste de teor de umidade da gordura utilizada como matéria-prima são expostos na Tabela 4.

Tabela 4 – Teor de umidade da matéria-prima

Ensaio	Massa de gordura	Massa de água (g)	Percentual de água (%)
1	5,03	0,31	6,16
2	5,03	0,36	7,16
3	4,00	0,57	14,25
4	10,15	5,78	56,95
5	4,99	0,38	7,62
		Média	8,54
		Desvio Padrão	3,69

Ressaltando-se que na amostra 4 desta tabela provavelmente deve ter ocorrido um erro experimental. Portanto, este valor foi retirado do cálculo do teor de umidade para não prejudicar os valores obtidos.

O teste de teor de umidade mostra que o material gorduroso apresenta uma média final de 8,54% de água, representando um índice alto no material, o que dificulta a transformação do mesmo em biodiesel, principalmente via catalise básica por conta da saponificação.

5.1.2 Teor de ácidos graxos livres

Outro fator preponderante na análise da qualidade de um potencial material para a produção de biodiesel é observar a quantidade de ácidos graxos livres. Leung e Leung (2009) ressaltam que gorduras animais contêm grandes quantidades de gorduras ácidas, ou seja, grandes quantidades de ácidos graxos livres. Esta afirmativa pode ser confirmada através dos testes realizados para a caracterização do teor de ácidos graxos livres presente no

material gorduroso, os resultados dos testes seguem apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Teor de ácidos graxos livres

Ensaio	Massa de gordura	Volume de solução NaOH (mL)	Ácidos graxos livres (ácido oléico, %)	Índice de Acidez (mg KOH)
1	7,02	1,0	1,00	2,00
2	7,03	1	1,00	2,00
3	7,03	1	1,00	2,00
4	7,03	1	1,00	2,00
5	7,04	0,9	0,90	1,79
6	7,10	1,2	1,19	2,37
		Desvio Padrão	0,09	0,19

Os valores dos teores de ácidos graxos livres apresentados são considerados baixos comparados ao trabalho de Alves (2010), que utilizava gordura retirada do decantador de um frigorífico onde obteve um resultado de 14,62%. Resultado este extremamente prejudicial ao processo de transformação de gorduras em biodiesel.

5.2 PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA CATÁLISE BÁSICA

Para a produção de biodiesel através da catálise básica, os resultados obtidos indicaram a inviabilidade desta rota catalítica para as condições testadas, pois devido ao alto teor de umidade e ácidos graxos livres, foi possível perceber a saponificação da mistura reacional.

Na Figura 7 é perceptível, analisando-se os funis de separação por gravidade, que a mistura não separou suas fases.



Figura 7 - Funis de separação gravitacional

5.3 PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA CATÁLISE ÁCIDA

Na produção de biodiesel através da catálise ácida o rendimento variou de acordo com as condições operacionais testadas, destacando o teor de ésteres obtido de quase 90% em uma das amostras da Tabela 6. Outro resultado que chama atenção é o baixo teor de glicerol residual nas amostras, o que propicia uma maior pureza do biodiesel.

Tabela 6 – Rendimento em ésteres e teor de glicerol correspondente a Tabela 03

Amostra	Teor de ésteres (%)	Glicerol livre (%)
A	56,4	0,003 ± 0,001
B	76,9	0,009 ± 0,001
C	69,4	0,009 ± 0,006
D	88,9	0,008 ± 0,001

Os diferentes rendimentos da reação de transesterificação para as condições operacionais testadas demonstram um vasto campo de estudo visando à otimização das variáveis do processo.

Segundo o que aponta a Agência Nacional do Petróleo – ANP, através da portaria 07/2008, o teor de ésteres deve ser no mínimo de 96,5% e glicerol de 0,02%.

Apesar do teor de ésteres obtidos neste trabalho ter ficado abaixo do que é especificado pela resolução, estes testes foram apenas preliminares, devendo ser melhorados. Porém, o teor de glicerol já atende a legislação vigente.

Na Figura 8 são demonstradas algumas amostras após o período de reação, sendo possível perceber claramente a separação das fases glicerina, mais pesada, e biodiesel mais leve. O funil de separação situado no centro das amostras contém o biodiesel já lavado com a solução de NaCl, sendo portanto, as fases leve, o biodiesel, e pesada, a solução salina.



Figura 8 – Funis de separação contendo amostras de biodiesel

6. CONCLUSÕES

A utilização de materiais que são rejeitados após o processo de transformação de insumos em um produto final, neste caso a gordura suína, pode ser uma das alternativas para geração de energia, mais especificamente por meio da produção de biodiesel.

Neste trabalho foram desempenhados testes preliminares que visavam à síntese do biodiesel a partir de gordura suína. A produção de biodiesel via catálise básica não foi viável devido ao alto teor de umidade e ácidos graxos livres, sendo possível perceber a saponificação da mistura reacional. Já na produção de biodiesel via catálise ácida os resultados foram satisfatórios, como pode ser comprovado pelo rendimento em teor de ésteres e glicerol livre residual no biodiesel produzido.

A qualidade do biodiesel produzida neste trabalho foi considerada satisfatória, uma vez que nos ensaios realizados não se procedeu a otimização das variáveis do processo. Mesmo assim, para uma das condições testadas se obteve um teor de éster próximo de 90%, e além disso, para todos os testes realizados o teor máximo de glicerol obtido atende aos requisitos preconizados pela ANP.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram diferentes rendimentos da reação de transesterificação para as condições operacionais testadas. Desta forma, propiciam um vasto campo de estudo visando à otimização das variáveis do processo.

8 REFERÊNCIAS

ABIPECS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Site corporativo. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br>. Acesso em 14/01/2009.

Agência Nacional do Petróleo – ANP. Disponível em: http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2008/mar%C3%A7o/ra np%207%20-%202008.xml. Acesso:21/11/2011

ALVES, Gustavo A.; EYNG, Eduardo. **Avaliação do potencial, enquanto matéria-prima para produção de biodiesel, da gordura obtida a partir de efluente líquido de um frigorífico de suínos.** 2010. 44 f. Trabalho de Conclusão - Curso Superior de Tecnologia em Gerenciamento Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2010.

AOCS - AMERICAN OIL CHEMISTS" SOCIETY. Official methods and recommended practices. 5a ed. Champaign, 1997.

BAIRD, C. **Química Ambiental.** Porto Alegre: BOOKMAN, 2002.

CAMARGO, B. C. C.; BORENSTEIN R. C. **O setor elétrico no Brasil: dos desafios do passado às alternativas do futuro.** 1a ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1997. 318p.

CARDOSO, A. A.; ROSA, H. A.; ROCHA, C. J. **Introdução à química ambiental.** 2a ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 256p.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia técnico ambiental de frigoríficos – Industrialização de carne (bovina e suína) – Série P+L.** São Paulo: CETESB, 2008. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em 07/10/2010.

COSTA NETO *et al.* **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras.** Química Nova, vol. 23, n. 4, p.531-537, 2000.

FERNANDES, C. Aparecido. **Simulação da dinâmica operacional de uma linha industrial de abate de suínos.** Tese de mestrado em eng. Agrícola, centro de ciências exatas e tecnológicas. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, maio de 2005.

FERRARI *et al.* **Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia.** Química Nova, vol. 28, n. 1, p.19-23, 2005.

FERREIRA *et al.* **Algumas experiências simples envolvendo o princípio de Le Chatelier.** Química Nova na Escola, n. 5, maio, p. 28-31, 1997.

FORREST, J.C., ABERLE, E.D., HEDRICK, H.B., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. **Fundamentos de ciencia de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1979. 363p.

GOMES, L. F. S. **Potencial de produção de biodiesel a partir de óleo de frango nas cooperativas do oeste do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste. Cascavel – PR, 2005. f. 81.

LEUNG, D. Y. C; XUAN W.; LEUNG M. K. H. **A review on biodiesel production using catalyzed transesterification**. Department of Mechanical Engineering, The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong, Applied Energy, vol. 87, n. 4, p. 1083-1095, 2009.

LOBO, I.P. FERREIRA, S.L.C. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos**. Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Campus Universitário de Ondina, Universidade Federal da Bahia, 40170-290 Salvador - BA, Brasil. Recebido em 19/8/08; aceito em 20/1/09; publicado na web em 14/7/09.

MONTENEGRO, A. A. (Coord.). **Fontes não-convencionais de energia: as tecnologias solar, eólica e de biomassa**. Florianópolis: Labsolar, 1998. 159p.

PACHECO, J. W. F. **Industrialização de carnes (bovina e suína)**. São Paulo: CETESB, 2008.

SEIFFERT, Mari Elizabet Bernardini. **Gestão Ambiental: instrumentos, esferas d ação e educação ambiental**. São Paulo:Atlas, 2007.

WUST, Elisiane. **Estudo da voabilidade técnico-científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos**. Dissertação de mestrado em engenharia ambiental, centro de ciência e tecnologia da universidade regional de Blumenau, 2004.