

Produção de biodiesel de gordura animal

Mazzonetto, Alexandre Witier
Aleixo, Irani
Daragoni, Daniela

Resumo

Todos os países desenvolvidos têm adotando uma postura sustentável para minimizar os impactos causados ao meio ambiente pelos combustíveis baseados em carbono fóssil, os quais são responsabilizados pelos problemas do aquecimento global e poluição. O biodiesel como combustível alternativo ao diesel tem se mostrado uma boa opção para minimizar tais problemas, além de emitir menos particulados, menos compostos aromáticos e menos CO₂. Este trabalho comparou a produção de biodiesel de gordura animal comercial com gordura animal residual, isto é, gordura resultante da fritura de gordura animal (suína), como proposta para destinação deste resíduo (coletado junto a uma empresa de alimentação da cidade). Assim, foi produzido em laboratório biodiesel utilizando-se gordura animal resíduo de frigoríficos e açougues comparando-se com gordura animal resíduo de processamento numa empresa de alimentação, mostrando-se a viabilidade técnica da produção de biodiesel de gordura suína residual ao comparar-se a produção de biodiesel de sebo animal (comercial), utilizando KOH ou NaOH como catalisadores. O resultado obtido confirma viabilidade técnica para a uma destinação sustentável e ecologicamente correta.

Palavras-Chave: biocombustíveis, biodiesel, gordura animal, gordura residual, combustível renovável.

Abstract

All developed countries have taken a sustainable stance to minimize the environmental impacts of fossil carbon-based fuels, which are blamed for global warming and pollution problems. Biodiesel as an alternative to diesel has shown to be a good option to minimize such problems, as it emits less particulates, less aromatic compounds and less CO₂. This work compared the production of biodiesel from commercial animal fat with the production of biodiesel from residual animal fat, that is, fat resulting from the frying of animal fat (swine), as a proposal for the waste disposal of this kind of residue (obtained from a food company in town). Thus, we produced biodiesel in the laboratory from both, animal fat residues from slaughterhouses and butchers and animal fat residues from a food company, studying the technical viability of the production of biodiesel from residual pork fat compared to biodiesel production from commercial animal fat by using KOH or NaOH as catalysts. The results obtained confirm the technical viability for this sustainable and ecologically correct waste destination.

Key words: biofuels, biodiesel, animal fat, residual fat, renewable fuel.

Resumen: Todos los países desarrollados están adoptando una postura sustentable para disminuir los impactos causados al medio ambiente por combustibles basados en carbono fósil, los cuales son responsabilizados por problemas del calentamiento global y polución. El biodiesel como combustible alternativo al diesel tiene se mostrado una buena opción para disminuir tales problemas, además de emitir menos materiales particulados, menos compuestos aromáticos y menos CO₂. Este trabajo comparó la producción de biodiesel de grasa animal comercial con grasa animal residual, es decir, grasa resultante de fritura de grasa animal (cerdo), como una propuesta para destinación de este residuo (recogido/obtenido

bioenergia em revista: diálogos, ano 7, n. 1, p. 80-102, jan./jun. 2017.

Mazzonetto, Alexandre Witier; Aleixo, Irani ; Daragoni, Daniela

Produção de biodiesel de gordura animal

junto a una empresa de alimentación de la ciudad). Así, fue producido en laboratorio biodiesel, utilizándose grasa animal residuo de frigoríficos y carnicería, comparándose con grasa animal residuo de procesamiento en una empresa de alimentación, mostrándose la viabilidad técnica de producción de biodiesel de gordura de cerdo residual al compararse a la producción de biodiesel de sebo animal (comercial), utilizando KOH o NaOH como catalizadores. El resultado obtenido confirma la viabilidad técnica para una destinación sustentable y ecológicamente correcta.

Palabras-claves: biocombustibles, biodiesel, grasa animal, grasa residual, combustible renovable.

INTRODUÇÃO

A importância da adoção do uso de biocombustíveis vem sendo reconhecida pelo mundo todo como uma das medidas para mitigar impactos ambientais causados pelo uso de fonte fóssil, além de ajudar na diminuição da poluição, pois emite menos particulados, menos compostos aromáticos e menos dióxido de carbono.

O biodiesel pode ser obtido de óleos vegetais e/ou gordura animal (ou gordura residual), o que ajuda a dar destino a esses rejeitos, uma vez que o Brasil tem grandes produções de animais para consumo de carne - suínos e bovinos, sendo o rebanho bovino o segundo maior do mundo. O biodiesel pode ser facilmente utilizado em motores a diesel, sem necessidade de adaptação, o que o torna uma alternativa mais viável do que outras fontes de energia alternativas, como o GNV (gás natural veicular).

A produção de biodiesel também tem um papel importante para a agricultura, pois se podem usar muitas palmáceas para obtenção de óleos vegetais (consome-se a polpa como alimento e usa-se o óleo para produção de combustível renovável); para economia, uma vez que cerca de 20% do óleo diesel consumido pelo país é importado (o aumento da produção de biodiesel diminuiria a importação); para o meio ambiente – a base de produção do biodiesel pode ser resíduo e contribuem para dar uma destinação mais adequada a materiais que iriam para aterro sanitário (sebo e óleo residual).

Este trabalho produziu em laboratório biodiesel a partir de gordura suína residual (oriunda de uma lanchonete) e sebo animal (banha industrializada - adquirido no comércio) como matéria prima. A gordura residual foi obtida em uma empresa da cidade e o sebo (banha) adquirido no comércio local. Além do combustível produzido, o processo é uma opção para a destinação desse resíduo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

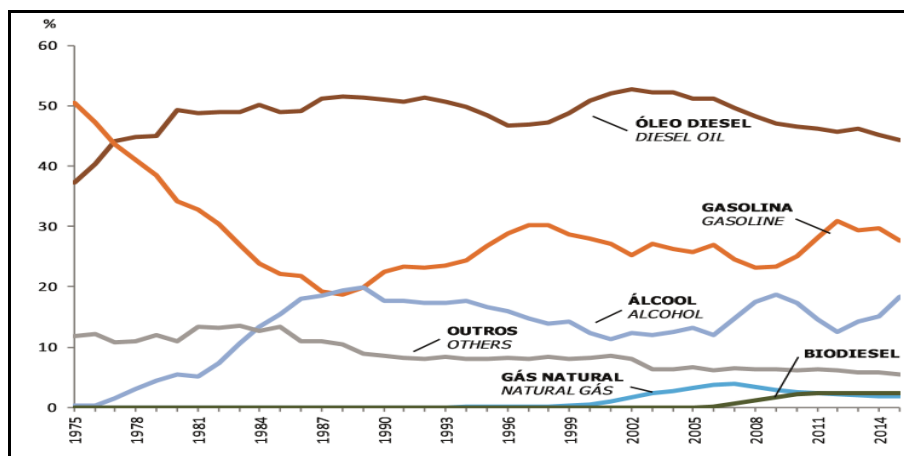
Cenário dos biocombustíveis

Aproximadamente 75% do diesel no Brasil é consumido no setor de transportes, 16% no setor agropecuário (geração de energia elétrica no uso bombeamento de água para a irrigação e o acionamento de máquinas agrícolas) e cerca de 5% no setor de transformação. A importação

anual de óleo diesel variou, nos últimos 14 anos, entre 2 a 10 milhões de m³, alcançando por volta de 11 milhões de m³ em 2014 (ANP, 2015).

A matriz energética brasileira para o setor de transporte é altamente dependente do carbono fóssil e tem uma baixa participação de biodiesel para transporte, conforme o BEN (2016) – Figura 1.

Figura 1. Estrutura de consumo de combustíveis para transporte



Fonte: BEN (2016).

A Figura 1 apresenta, o biodiesel como fonte de combustível tem uma pequena e recente contribuição para transportes no Brasil, abaixo de 10% e após 2005. A dependência de fontes fósseis (diesel e gasolina) ainda é muito grande no Brasil no setor de transportes de acordo com o BEN 2016.

Biodiesel

A primeira experiência com um motor movido a óleo aconteceu em 10 de agosto de 1893, quando Rudolf Diesel, em Augsburg, Alemanha, criou o primeiro motor a diesel. O motor foi apresentado oficialmente na Feira Mundial de Paris, França, em 1898, utilizando um combustível de óleo de amendoim, um tipo de biocombustível obtido pelo processo de transesterificação (BIODIESEL BR, 2011).

Segundo Parente (2003) e Alves (2010), para garantir a qualidade e para que um combustível se torne viável para motores a diesel, são necessárias algumas análises que enquadrem os seguintes aspectos: combustibilidade, efeitos ao meio ambiente conseqüentes das

emissões, compatibilidade ao uso e ao manuseio. O biodiesel é proveniente de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal. Sua utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão. Enquanto produto, o biodiesel possui as seguintes características:

- a) é livre de enxofre e aromáticos;
- b) tem alto número de cetano;
- c) possui teor médio de oxigênio em torno de 11%;
- d) possui maior viscosidade e maior ponto de fulgor que o diesel convencional;
- e) possui nicho de mercado específico, diretamente associado a atividades agrícolas;
- f) no caso do biodiesel de óleo de fritura, se caracteriza por um grande apelo ambiental; e, finalmente,
- g) tem preço de mercado relativamente superior ao diesel comercial. (ROSSI e RAMOS, 1999).

Segundo Lee *et al* (2002), além dos aspectos econômicos e tecnológicos, importantes aspectos ambientais devem ser observados. A utilização do biodiesel contribui para a atenuação de problemas, destacadamente a acidificação das precipitações e “smog” fotoquímico, devido à inexistência de enxofre na estrutura dos ésteres. Misturas de biodiesel e diesel convencional, na proporção de 20:80 (B20), quando submetidas à queima, reduzem as emissões de material particulado (26,8%), monóxido de carbono (72,8%) e hidrocarbonetos (73,2%). A emissão de aldeídos também é menor que na combustão do diesel convencional.

Característica físico - química

De acordo com Lôbo e Ferreira (2009), para garantir a qualidade do biodiesel é necessário que sejam estabelecidos padrões de qualidade, com o objetivo de fixar teores limites dos contaminantes para que não venham prejudicar a qualidade das emissões da queima, bem como o desempenho, a integridade do motor e a segurança no transporte e manuseio. Possíveis degradações do produto durante o processo de estocagem também devem ser consideradas.

O biodiesel no Brasil

Estima-se que no Brasil sejam abatidas mais de 40 milhões de cabeças de gado por ano, das quais se extrai aproximadamente 800 milhões de quilos de sebo. Só na Grande São Paulo,

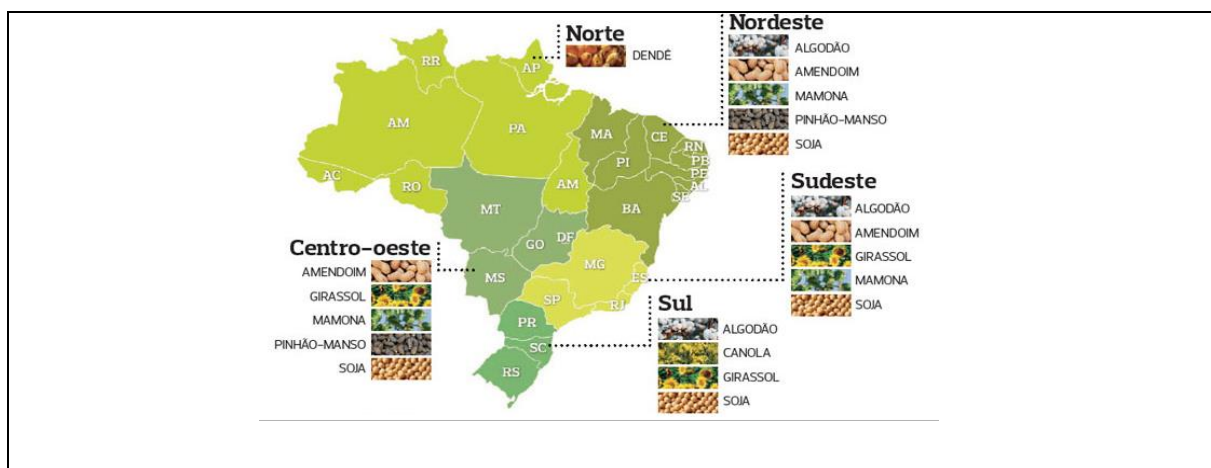
estima-se que os frigoríficos e açougues gerem diariamente 800 toneladas de resíduos oriundos de restos de animais, especialmente bois e aves (MAPA, 2014).

O Balanço Energético (BE), a emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), a produção de biomassa e a área utilizada são tidos como fatores fundamentais para análises envolvendo a produção de biocombustíveis (como bioetanol, biogás e biodiesel), que tem sido visto como uma factível alternativa aos de origem fóssil (CHERUBINI *et al*, 2009; SOUZA *et al*, 2010). Dentre as vantagens do uso do biodiesel, como o provável substituto do diesel, podemos destacar: (i) fonte de energia renovável; (ii) sua combustão não contribui para a emissão de CO₂; (iii) elevado ponto de fulgor (150 °C); (iv) excelente lubrificidade, aumentando a vida útil do motor; e (v) produção total mais barata do que a do petróleo (CARVALHO *et al*, 2012).

O cenário mostra um futuro promissor para o biodiesel, tendo em vista que em muitos países o mercado se encontra em estágio bastante desenvolvido e cada país utilizando a matéria prima que tem em mãos. E em outros países, existe o interesse e previsão de demanda para o uso desse combustível nos próximos anos (MELO, PAULILO e VIAN, 2007).

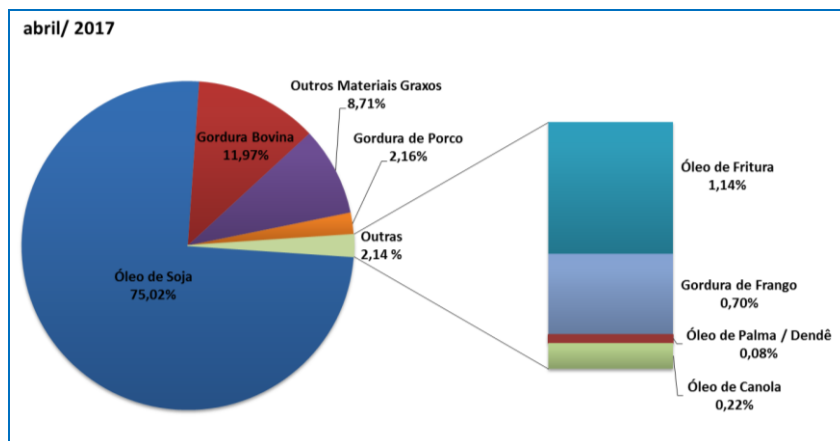
Cada região do Brasil possui potencial para produzir biodiesel por meio de diferentes matérias primas, como mostra a Figura 2. A Figura 3 mostra as porcentagens da produção de biodiesel de diferentes matérias primas.

Figura 2. Principais culturas oleaginosas por região brasileira para Biodiesel



Fonte: Revista Globo Rural (2010).

Figura 3. Principais matérias-primas consumidas para produção de biodiesel no Brasil - abril de 2017



Fonte: ANP – Boletim mensal do biodiesel, 2017.

A escolha da matéria-prima mais adequada depende largamente da oferta do mesmo, do custo, da logística e da produtividade. É uma escolha de suma importância, visto que a mesma representa cerca de 85% do custo de produção do biodiesel. (MARTINS, CARNEIRO, 2013; MENDES, COSTA, 2010).

A transesterificação é o processo de separação do glicerol do óleo vegetal. Cerca de 20% de uma molécula de óleo vegetal é formada por glicerina. A molécula de óleo vegetal é formada por três ésteres ligados a uma molécula de glicerina, o que faz dele um triglicérido. A glicerina torna o óleo mais denso e viscoso. Durante o processo de transesterificação, a glicerina é removida do óleo vegetal, deixando o óleo mais fino e reduzindo sua viscosidade (CARTILHA SEBRAE, 2006).

A mistura do biodiesel ao diesel fóssil teve início em 2004, no teor de 2%, a comercialização passou a ser voluntária. Em janeiro de 2008, entrou em vigor a mistura legalmente obrigatória de 2% (B2). Com o amadurecimento do mercado brasileiro, esse percentual foi sucessivamente ampliado pelo CNPE até o atual percentual de 7,0%. A evolução do percentual foi: 2003 – Facultativo; Jan/2008 – 2%; Jul/2009 – 4%; Jan/2010 – 5%; Ago/2014 – 6%; Nov/2014 – 7%; Mar/2017 – 8%; Mar/2018 – 9%; Nov/2014 – 10%. A especificação do biodiesel tem sido aprimorada constantemente ao longo dos anos, o que tem contribuído para a sua harmonização com as normas internacionais e alinhamento da sua qualidade às condições do mercado brasileiro (ANP, 2017).

O Brasil sendo o maior produtor de carne bovina de corte do mundo e um dos principais produtores de carne de frango e carne suína obriga-se a aproveitar eficientemente o rejeito da indústria de processamento de carne, a produção de biodiesel tem sido uma opção interessante que evita lançar o resíduo no meio ambiente (CETESB, 2006).

Consumo de carne suína no Brasil

O abate de suínos foi de 591,79 mil cabeças de suínos a mais no 4º trimestre de 2016 e, foram abatidas 7,41 milhões de cabeças de bovinos sob algum tipo de serviço de inspeção sanitária (IBGE, 2017).

De acordo com Ribeiro, 2010, a gordura de porco é composta de quantidades próximas de ácidos graxos saturados e insaturados, mas a quantidade de cada componente varia de acordo com diversos fatores que geralmente não são considerados quando se analisa a gordura ou se deseja aplicações específicas para a mesma. Essa produção gera uma quantidade de rejeitos de gordura em torno de 600 mil toneladas/ano com aplicações em diversas áreas, como por exemplo, na fabricação de rações, sabões, tintas, couro, têxteis e de lubrificantes e, recentemente, tem despertado o interesse em relação ao aproveitamento e transformação desse material graxo em biodiesel. As gorduras animais também contêm um teor de ácidos graxos (AG) saturados, superior ao observado em óleos vegetais, pois estes possuem o ponto de fusão relativamente alto, uma propriedade que, a baixas temperaturas, pode levar à precipitação e a um baixo desempenho do motor.

Biodiesel de gordura animal

As vantagens da utilização de resíduos de abates de animais para produção de biodiesel são: a disponibilidade imediata, o baixo custo e a grande diversidade de matéria prima. (ABREU, 2005 & OLIVEIRA, 2008)

Oliveira (2008) afirma que as gorduras dos animais vivos usualmente são incolores e são quimicamente formadas de triglicerídios. A partir do momento do abate, tem início a decomposição. Com a morte do animal pela ação de enzimas e de bactérias tem início mudanças tanto na cor como no teor de Ácidos Graxos Livres. Deste modo, o controle enzimático e bacteriológico antes do abate é imprescindível para obtenção de gorduras de qualidade. Para a preservação da qualidade do sebo é necessário o uso dos melhores e mais modernos processos

para abate, separando a gordura da proteína sólida e a água contida no material residual finalizando com estocagem adequada.

Brasil possui o segundo maior rebanho de gado bovino do mundo, com mais de 215,2 milhões de animais em 2015, produzindo anualmente 200.000 toneladas de sebo bovino. Esse resíduo gorduroso é constituído por triacilglicerídeos que tem na sua composição principalmente os ácidos palmíticos (~30%), esteárico (~20-25%) e oléico (~45%). (ABOISSA, 2005; LISBOA, 2016).

Vantagens: O aproveitamento de subprodutos animais para produzir biocombustíveis apresenta vantagens significativas em relação à utilização de óleos vegetais, redução de emissões de dióxido de carbono, melhor desempenho dos motores e baixo consumo de água no processo produtivo foram alguns dos benefícios que ele enumerou. Além disso, o impacto é nulo nos preços dos alimentos. (RIO, 2009).

Biodiesel de gordura suína

A carne de suínos produzida gera uma quantidade de rejeitos de gordura em torno de 600 mil toneladas/ano com diversas utilizações como, por exemplo: aplicações na fabricação de rações, sabões, tintas, cosméticos, explosivos, farmacêuticos, couro, têxteis e de lubrificantes e, recentemente, tem despertado o interesse em relação ao aproveitamento e transformação desse material graxo em biodiesel. A maior parcela da gordura (70-90% de triglicerídeos) em porcos está depositada na região subcutânea em todo o corpo do animal. O resto da gordura está localizado principalmente em cavidades intramusculares. A gordura de porco é composta de quantidades próximas de ácidos graxos saturados e insaturados, mas a quantidade de cada componente varia de acordo com diversos fatores que geralmente não são considerados quando se analisa a gordura ou se deseja aplicações específicas para a mesma (BELLAVÉR, 2009).

A gordura suína deve ser pré-tratada para eliminação de umidade, que pode promover a reação paralela de hidrólise do triglicerídeo, formando ácidos graxos livres, que geram subprodutos como sabões, remover impurezas macroscópicas por filtração, diminuir o índice de acidez, geralmente mais alto na matéria-prima bruta, usar desodorizadores, antioxidantes, além de emulsificantes, tensoativos e solventes, que ajudam na melhora do aspecto físico da gordura. Mas a principal transformação dos óleos no biodiesel utilizável é feita através da reação de transesterificação, em um processo similar a hidrólise, exceto pela utilização do álcool, em vez da água. Este processo também reduz a viscosidade elevada dos triglicerídeos. (RIBEIRO, 2010)

Pré-tratamentos para produção de biodiesel

Aquecimento/Filtração

Segundo Christoff (2006) e Alves (2010), o aquecimento do material facilita a filtração da matéria-prima, uma vez que tem o intuito de tornar a amostra pastosa em líquida. Em seus estudos, o autor aqueceu o óleo a 40°C e, em seguida, realizou a filtração da amostra, na qual se adaptou um funil de Buchner e um sistema de vácuo para, posteriormente, conduzir à transesterificação.

Segundo Geris (2007), a filtração dos óleos residuais é indicada, pois retém os resíduos sólidos oriundos dos processos de fritura.

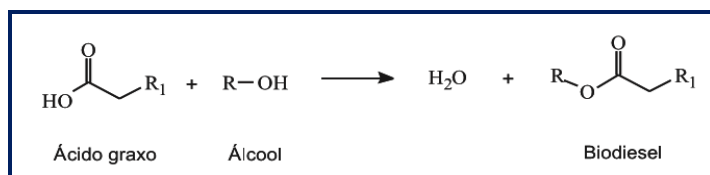
Esterificação

Uma das alternativas tecnológicas mais utilizadas para a redução do teor de ácidos graxos livres é a realização da reação de esterificação dos ácidos graxos livres, utilizando um álcool levando à formação de ésteres alquílicos de ácidos graxos (biodiesel) e água como uma etapa de pré-tratamento (MOURA, 2010).

Segundo Alves (2010) e Fabiano (2008), a reação pode ser lenta se realizada em temperatura ambiente, mas com o uso de aquecimento e de um catalisador o processo pode ocorrer mais rapidamente. O álcool utilizado deve ser, preferencialmente, de baixo peso molecular assim, o metanol é o mais usado devido ao menor custo e facilidade de recuperação no processo.

A Figura 4 apresenta a reação de esterificação, na qual R e R1 são radicais alquílicos diferentes (SUAREZ *et al*, 2009)

Figura 4. Reação de esterificação, na qual R e R1 são radicais alquílicos diferentes



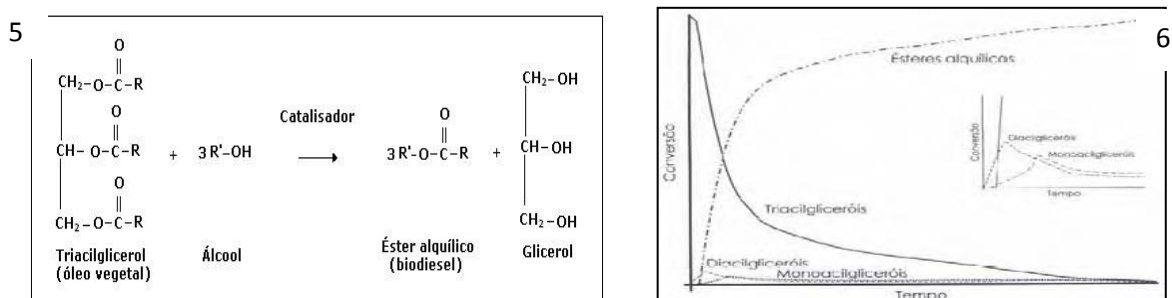
Fonte: Suarez *et al*, (2009).

Transesterificação

Na conversão das gorduras em biodiesel, ocorre a reação química deste com o álcool, formando ésteres de ácidos graxos que constituem o biodiesel. Quando comparado ao diesel proveniente do petróleo (fóssil), o biodiesel apresenta menores taxas de emissão de dióxido de carbono, fator que contribui para amenizar o problema do aquecimento global (BARROS, WUST & MEIER, 2008).

A reação química geral da produção de biodiesel pode ser escrita de maneira simplificada como apresentada pela Figura 5. O gráfico apresentado pela Figura 6 demonstra qualitativamente a relação entre conversão e tempo de reação onde o di- e monoacilgliceróis são formados como intermediários durante a transesterificação. Enquanto os triacilgliceróis diminuem há a formação de ésteres alquílicos com o tempo há uma pequena liberação de di- e monoacilgliceróis. Os aspectos quantitativos e a escala da Figura 6 podem variar de reação para reação (KNOTHE *et al*, 2006).

Figura 5. Reação química geral da produção de biodiesel. Figura 6. Transesterificação – Conversão X tempo



Fonte: 5- Oliveira, 2008; 6- Knothe *et al*, 2006.

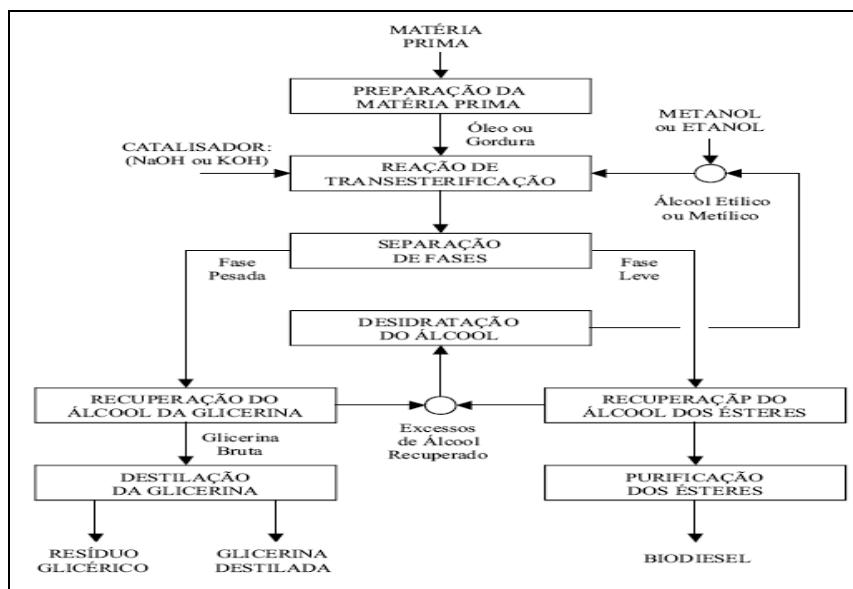
Para que haja sucesso na reação de transesterificação e ela possa proporcionar rendimentos máximos, o álcool deve ser livre de umidade e o conteúdo de ácidos graxos livres (AGL) do óleo vegetal deve ser inferior a 0,5%. A ausência de umidade na reação de transesterificação é importante porque pode ocorrer a hidrólise dos ésteres alquílicos sintetizados a AGL. O biodiesel de gordura possui maiores quantidades de ácidos graxos saturados do que os de óleos (CARNEIRO RIBEIRO, 2010).

A transesterificação, também chamada alcoólise, é a substituição da parte alcoólica de um éster, por outro álcool. É um processo largamente empregado para reduzir a viscosidade dos óleos vegetais. Consiste em uma reação entre óleos vegetais ou gorduras animais com um álcool (por exemplo, metanol, etanol, entre outros) formando ésteres e glicerol (GHESTI, 2006).

A transesterificação de sebo bovino o emprego de NaOH apresenta maior eficiência que os alcóxidos. Há a necessidade de agitação para que cause formação de gotículas de NaOH/metanol para aumentar a velocidade da reação uma vez que há imiscibilidade de NaOH/metanol em sebo bovino (KNOTHE *et al*, 2006).

A Figura 7 apresenta os diferentes processos para produção de biodiesel.

Figura 7. Processos da produção de biodiesel



Fonte: BRANCO, NASATO, COLPANI, 2007.

Escolha dos catalisadores

A escolha do catalisador é um fator importante para obtenção de um bom rendimento da reação química. Os catalisadores são divididos quanto à natureza química, em ácidos e básicos, e quanto à forma de ação nas reações químicas, como homogêneos e heterogêneos (RIBEIRO, 2010).

Moura (2010) diz que dentre os catalisadores básicos que podem ser utilizados na reação de transesterificação, os mais utilizados são os hidróxidos e alcóxidos de metais alcalinos,

principalmente de sódio e potássio. De acordo com Schuchardt *et al.* (1998) e Moura, 2010, os alcóxidos metálicos são os mais ativos, fornecendo altas conversões (>98%) a baixas proporções (0,5%mol) e em curtos tempos de reação (30min). Porém, os mesmos requerem condições anídras de reação, conseqüentemente, os custos do processo aumentam. Os hidróxidos alcalinos são os mais utilizados, embora sejam menos reativos que os alcóxidos, são mais baratos.

Catalise básica

Podem ser empregados catalisadores básicos ou ácidos de Bronsted ou ainda enzimas na reação; entre os catalisadores básicos os hidróxidos metais alcalinos, são os mais utilizados. Hidróxidos de sódio e potássio são muito utilizados em indústrias, uma vez que são relativamente baratos, e também muito ativos. A catálise básica homogênea com KOH ou NaOH pode produzir altos rendimentos de metil-ésteres em condições brandas, pressão atmosféricas, temperatura de 60°C e um tempo de reação aproximado de 1 hora (TREMILIOSI, 2009).

O processo de catálise básica tem a vantagem de ser mais eficiente e menos corrosiva em relação à catálise ácida, tornando-se assim a mais utilizada a nível industrial (SANTOS, 2007). O hidróxido de sódio é o catalisador mais utilizado, tanto por razões econômicas quanto por sua disponibilidade no mercado (GARCIA & TOOKUNI, 2006).

Álcool

Conforme Knothe *et al* (2006), a fabricação de biodiesel pode-se empregar álcoois de baixa massa molar e geralmente o mais barato. Nos Estados Unidos, por exemplo, o metanol é mais utilizado e no Brasil o etanol é que apresenta maior vantagem na produção devido à farta oferta e aos incentivos de sua produção. Dependendo do tipo de álcool utilizado os produtos da transesterificação são muitas vezes denominados de ésteres metílicos ou etílicos ao invés de biodiesel.

A reação com metanol, de cadeia mais curta e mais polar que o etanol, é tecnicamente mais viável. O etanol deve ser utilizado anidro, visto que a água atuaria como inibidor da reação. O etanol vem se tornando popular por também ser renovável e menos tóxico que o metanol (GARCIA & TOOKUNI, 2006).

Steluti (2007) e Freedman (1986) afirmam que o processo de produção do biodiesel com o uso do metanol tem uma série de vantagens com relação ao uso do etanol, como por exemplo,

uma maior facilidade de separação das fases após a reação. Utilizando o metanol a separação é rápida e imediata, sendo suficiente o uso da decantação e grande parte dos processos de produção.

Separação de fases

Após a transesterificação e a produção do biodiesel, a mistura reacional é constituída de duas fases que podem ter sido separadas por decantação ou centrifugação. A fase mais pesada é constituída de glicerina bruta impregnada dos excessos do álcool utilizado. A fase menos densa é constituída de uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos também impregnados de excessos reacionais e impurezas (COSTENATO, 2009).

Glicerina

A glicerina bruta, emergente do processo, mesmo com as impurezas convencionais, já constitui um subproduto vendável. No entanto o mercado é muito mais favorável à comercialização da glicerina purificada, pois seu valor é aumentado (COSTENATO, 2009).

A cada 90 m³ de biodiesel produzido por transesterificação são gerados, aproximadamente, 10 m³ de glicerina (RIBEIRO, 2010).

Qualidade do biodiesel

A análise da qualidade do biodiesel é muito importante para o sucesso da sua comercialização. O controle de qualidade do biodiesel deve se basear na ausência de mono e diglicerídeos, glicerina livre, catalisador residual, álcool, ácidos graxos livres, água, sedimentos e compostos inorgânicos. Além disso, deve-se analisar a acidez do biocombustível, a quantidade de enxofre e a quantidade de compostos sulfurados e fosforados. É preciso também ter um controle rigoroso para evitar a reação de emulsão (saponificação), pois cada tipo de óleo requer condições de operação específicas para obter um produto de qualidade garantida. A qualidade da matéria-prima usada para a produção do biodiesel também é outro fator relevante que deve ser levado em consideração. Os óleos vegetais geralmente contêm, além dos triglicerídeos, água, fosfolípídeos e outras impurezas. A água presente tem efeitos negativos na transesterificação dos glicerídeos com álcool usando catálise ácida ou básica (GHESTI, 2006).

MATERIAIS e MÉTODOS

Para a realização dos experimentos foram utilizados como materiais: sebo suíno, gordura residual de bacon, NaOH, KOH, Fenolftaleína, Água Destilada, Álcool Isopropílico, Metanol, Etanol, Béquer 200 ml, Béquer de 250 ml, Béquer de 100, Balão Volumétrico, Pipeta Graduada, Bastão e Papel filtro.

A gordura residual foi gentilmente cedida pela empresa “Japãozinho Lanches” (Piracicaba – SP). O sebo suíno comprado no comercio, com embalagem de 1 kg.

A metodologia foi dividida nas seguintes etapas:

1º etapa - Transesterificação utilizando etanol sem o processo de esterificação

Pesou-se um béquer vazio de 250 ml - 105 gramas; em seguida pesou-se o 200 g sebo suíno e 200 g gordura residual. Foram aquecidas e a filtradas, ambas as gorduras utilizando Bomba. As Figuras 8 e 9 mostram as impurezas retiradas com o auxílio do filtrador e da bomba de vácuo.

Figura 8. Impurezas retiradas da gordura residual com o auxílio da bomba de vácuo; Figura 9. Impurezas retiradas do sebo suíno com o auxílio da bomba de vácuo



Utilizou-se 100 ml de gordura residual e 100 ml do sebo suíno. Diluiu-se 1,1 g de NaOH em 47ml de etanol para cada gordura. A diluição do catalisador foi feita com o álcool aquecido a 65° C. Na primeira etapa do processo onde as gorduras foram transesterificadas sem esterificação prévia e usando o etanol + NaOH e a reação saponificou imediatamente após adição do álcool nas gorduras, como é possível observar na Figura 12.

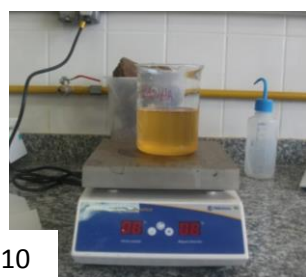
Realizou-se a transesterificação das gorduras e utilizando-se metanol + KOH ou metanol + NaOH, ao invés do etanol com NaOH.

2º etapa - Esterificação das gorduras utilizando etanol e agitador magnético com aquecimento.

A esterificação da gordura residual e do sebo suíno foi realizada de acordo com os métodos de Iha (2010). Foram utilizados 200 g de cada gordura, 70 ml de etanol e 2 g de ácido sulfúrico. Este primeiro teste foi realizado utilizando-se agitador magnético. O tempo de reação foi de 2 h sob agitação magnética e manual sem que o béquer estivesse devidamente tapado e aquecimento de 60° C.

A Figura 10 mostra a banha suína em aquecimento no Agitador Magnético. A mistura foi colocada em um funil de separação. A Figura 13 mostra o sebo suíno esterificado e a Figura 11 apresenta as gorduras esterificadas sendo que no primeiro funil da esquerda para a direita mostra a 1º esterificação do sebo suíno que teve baixo rendimento.

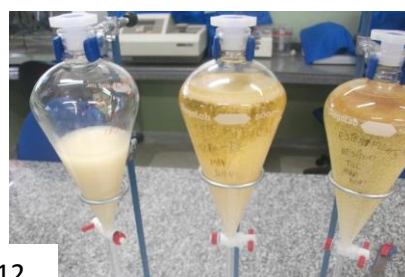
Figura 10. Aquecimento do sebo suíno com o auxílio de agitador magnético com aquecimento; Figura 11. Sebo esterificado; Figura 12. Gorduras após o tratamento de esterificação



10



11



12

Esterificação das gorduras utilizando etanol e incubadora com agitação e aquecimento

Devido a pouca quantidade de óleo esterificado que sobrou ao final do processo, a esterificação foi refeita, mas utilizando uma quantidade maior das gorduras, etanol e ácido sulfúrico. Foram utilizados 600g de sebo suíno ou gordura, 140 ml de etanol e 6 g de ácido sulfúrico. Foram realizados dois testes utilizando sebo suíno e um teste utilizando gordura residual de bacon.

3º etapa - Transesterificação das gorduras após a Esterificação

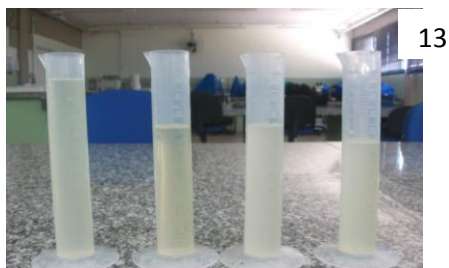
A transesterificação foi realizada conforme apresentada pela Tabela 1.

Tabela 1. Dados da transesterificação

Matéria Prima	Quantidade de metanol	Tipo de catalisador
Sebo animal	36 ml	1,0 gramas de NaOH
Sebo animal	40 ml	1,0 gramas de NaOH
Sebo animal	40 ml	1,0 gramas de KOH
Gordura suína residual	40 ml	1,0 gramas de KOH

A Figura 13 mostra a o sebo suíno após a adição do etanol com o NaOH dissolvido. Onde o sebo estava aquecido a aproximadamente 85° C e o etanol a 65° C. Após as separações, o biodiesel foi transferido para provetas, como pode ser visto na Figura 13.

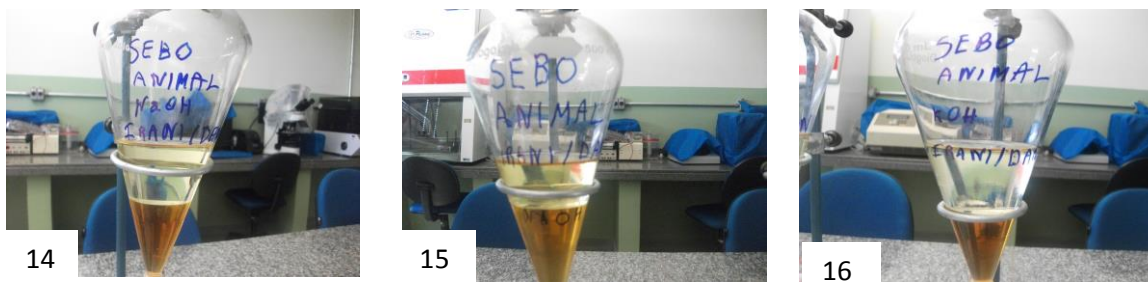
Figura 13. Solução 1 contendo biodiesel de gordura residual e KOH, solução 2 contendo biodiesel de sebo animal e NaOH, solução 3 contendo biodiesel de sebo animal e KOH, solução 4 contendo biodiesel de sebo animal e NaOH



Cada uma das misturas sofreu agitação por 2 horas e temperatura de 40 °C na Incubadora. A Figura 16 mostra a Incubadora em agitação com a gordura residual e o sebo suíno em temperatura de aproximadamente 57,2° C.

Após o tempo de agitação, as misturas foram colocadas em funil de separação. Feita a separação, o biodiesel (parte menos densa e mais clara) se separou da glicerina (parte mais densa), como é possível observar nas Figuras 14, 15 e 16.

Figura 14. Sebo animal + KOH+ metanol; Figura 15. Sebo Animal+ NaOH+ metanol; Figura 16. Gordura Residual+KOH+metanol



A gordura residual foi transesterificada sem a esterificação – a transesterificação foi direta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

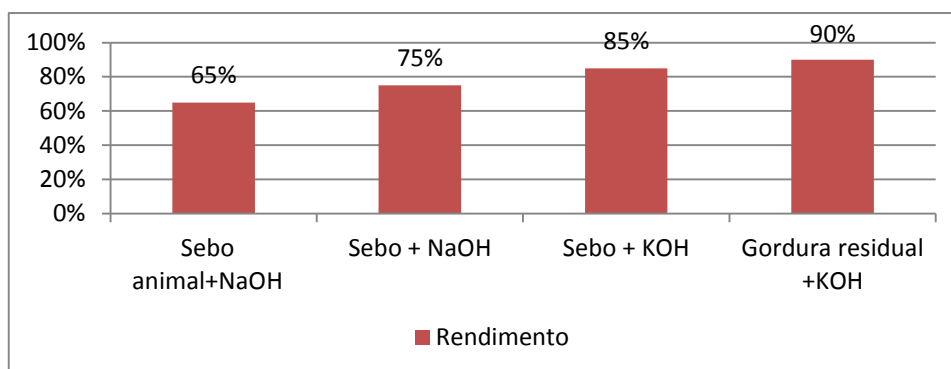
Os resultados da transesterificação são apresentados conforme cada tipo de matéria prima e, cada catalisador usado, pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados obtidos conforme cada matéria prima utilizada

Matéria Prima	Quantidade de metanol	Tipo de catalisador	Resultado
Sebo animal	36 ml	1,0 gramas de NaOH	70 ml de biodiesel
Sebo animal	40 ml	1,0 gramas de NaOH	75 ml de biodiesel
Sebo animal	40 ml	1,0 gramas de KOH	80 ml de biodiesel
Gordura suína residual	40 ml	1,0 gramas de KOH	90 ml de biodiesel

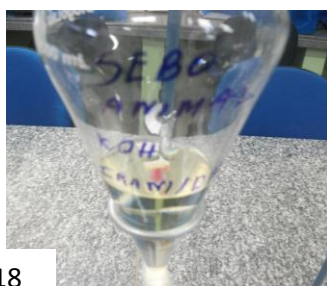
A Figura 17 apresenta os rendimentos obtidos para cada sebo e com cada catalisador.

Figura 17. Rendimento do biodiesel de sebo



Obeve-se um bom resultado tanto para o sebo suíno que sofreu processo de esterificação quanto para a gordura residual sem a esterificação (Figura 18). E pode-se observar que o metanol + KOH é mais eficaz que o etanol com o NaOH. Outro fator que deve ser levado em consideração é que o uso de incubadora com agitação foi mais eficiente que o uso de agitador magnético com aquecimento. Uma vez que não havia equipamento para analisar o poder calorífico do combustível e nem fazer a análise cromatográfica do mesmo, foi testada a combustão de uma amostra do biodiesel obtido para verificar a ocorrência de combustão, ocorrendo uma combustão completa, sem qualquer resíduo. A Figura 19 apresenta a glicerina resultante da separação do biodiesel.

Figura 18. Biodiesel de sebo após a remoção da glicerina; Figura 19. Glicerina residual do processo de transesterificação



18



19

CONCLUSÃO

O biodiesel de gordura suína residual se mostrou uma alternativa bastante interessante, pois tendo em vista a atual produção de carne no Brasil, seria uma solução para os rejeitos produzidos.

O rendimento do sebo residual de restaurante/lanchonete foi superior com ambos catalizadores (NaOH e KOH) ao obtido com o sebo adquirido no comércio (industrializada), o que surpreendeu. O processo de produção utilizando gordura ou sebo animal mostrou-se muito mais eficiente com o uso do metanol, seguindo os relatos encontrados na revisão.

Concluiu-se a gordura suína residual (rejeito da lanchonete) como matéria prima pode ser mais interessante que o sebo animal comercial (comprado em supermercado), pois pode ser adquirida sem custos, em estabelecimentos que não tem locais adequados de descarte para esse tipo de resíduo.

O processo mostrou-se viável e as soluções produzidas apresentaram aspectos favoráveis e diferenciados, como a sua cor, que é mais clara que a do biodiesel produzido do óleo de soja, mas coerente com MOURA (2008).

REFERÊNCIAS

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br>. Acesso em 27 de abril de 2013.

ABRAMOVAY. *A abordagem política-cultural para o mercado de biocombustíveis no Brasil*. Professor do Departamento de Economia da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, Coordenador do NESA (Núcleo de Economia Social e Ambiental) e pesquisador do (CNPq Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Pesquisas Tecnológicas), 2008. Disponível em: www.econ.fea.usp.br/abramovay/.

ABREU, P. G.; HIGARASHI, M. M.; JÚNIOR, A. C. Transesterificação com catálise ácida de resíduos de gordura de frango para produção de biodiesel: resultados preliminares. In: 3º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha. *Anais*. Varginha, Minas Gerais, 2005.

ALVES, G. *Utilização dos óleos de fritura para a produção de biodiesel*. Faculdade de tecnologia de Araçatuba. Curso de tecnologia em Biocombustíveis. Araçatuba, 2010.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Boletim mensal do biodiesel Disponível em: www.anp.gov.br e <http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/boletins-anp/2386-boletim-mensal-do-biodiesel> Acesso em 22 de julho de 2017.

BERCHMANS, H. J.; HIRATA, S. Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L. seed oil with a high content of free fatty acids. *Bioresource Technology*, v. 99, Issue 6, p. 1716-1721, 2008.

BALANÇO Energético Nacional 2016: Ano base 2015 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2016.

BELLAVER, C. Embrapa Suínos e Aves, 2009.

BIODIESEL BR. Disponível em: www.biodieselbr.com.br Acesso em 29 de maio de 2015.

BRASIL deve se transformar no maior produtor mundial de biodiesel em 2012. Disponível em: <http://brasil.americaeconomia.com/notas/brasil-deve-se-transformar-no-maior-produtor-mundial-de-biodiesel-em-2012>. Acesso em 12 de novembro de 2016.

CARVALHO, H. M.; RIBEIRO, A. B. Biodiesel: Vantagens e desvantagens numa comparação com o diesel convencional. Bolsista de Valor: *Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 49–53, 2012.

bioenergia em revista: diálogos, ano 7, n. 1, p. 80-102, jan./jun. 2017.

Mazzonetto, Alexandre Witier; Aleixo, Irani ; Daragoni, Daniela

Produção de biodiesel de gordura animal

CHERUBINI, F.; BIRD, N. D.; COWIE, A.; JUNGMEIER, G.; SCHLAMADINGER, B.; WOESS-GALLASCHA S. Energy and greenhouse gas based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 53, n. 1, p. 434–447, 2009.

DANTAS, H. J. *Estudo Termoanalítico, Cinético e Reológico de biodiesel derivado do óleo de algodão (Gossypium Hisutum)*. Dissertação de Mestrado em Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

DA SILVA, RAMIREZ, SANDRINI, SCHUCH. *Análise em parâmetro de qualidade do biodiesel de gordura suína*. Brasil, 2007.

DIECKELMANN, G.; HEINZ, H. J. Em *The Basics of Industrial Oleochemistry*. Publisher P. Pomp, 1988, 123

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: www.embrapa.gov.br Acesso em 21 de maio de 2011.

GARCIA E TOOKUNI. *Biodiesel de Gordura Animal*, 2006. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/estudos/biodiesel/biodiesel-sebo-gordura-animal.htm> Acesso em: 17 de novembro de 2011.

GERPEN, J. V.; KNOTHE, K. Produção de Biodiesel – Princípios da reação de Transesterificação. In _____. *Manual de Biodiesel*. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. p. 29-45.

GHESTI. *Estudo de catalisadores para obtenção de Biodiesel por transesterificação e determinação do rendimento por espectroscopia Raman*. Brasília - DF, 2006.

IHA, O. *Produção de análises de bio-óleo e biodiesel utilizando oleaginosas que possam contribuir para o aumento da matriz energética renovável Brasileira*. Dissertação de Mestrado. Brasília, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de geografia e estatística – *Indicadores IBGE/Indicadores da Produção Pecuária – março 2017*. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201604caderno.pdf consultado em 21 de junho de 2017.

KNOTHE, G. *Historical perspectives on vegetable oil-based diesel fuels*. *Inform*, AOCS, Nov. 2001.

LEE, K.T.; FOGLIA, T. A.; CHANG K.S. Production of Alkyl Ester as Biodiesel from Fractionated Lard and Restaurant Grease. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. Vol. 79, n. 2, pp. 191 - 195. 2002.

LISBOA, V. *Brasil atinge recorde de 215,1 milhões de cabeças de gado*. Agência Brasil Rio de Janeiro 29/09/2016 disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2016-09/brasil-atinge-recorde-de-2152-milhoes-de-cabecas-de-gado> consultado em 22/04/2017.

bioenergia em revista: diálogos, ano 7, n. 1, p. 80-102, jan./jun. 2017.

Mazzonetto, Alexandre Witier; Aleixo, Irani ; Daragoni, Daniela

Produção de biodiesel de gordura animal

LÔBO E FERREIRA. *Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos*. Departamento de Química Analítica, Instituto de Química, Campus Universitário de Ondina, Universidade Federal da Bahia, Salvador - BA, Brasil. 2009.

MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology*, v. 70, p. 1-15, 1999.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Benefícios Ambientais da Produção de Biodiesel. Relatório apresentado à Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Oleaginosas e Biodiesel*. Brasília. Disponível em http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/relatorio_biodiesel.pdf, acesso em fev/2017.

MOURA, B. *Transesterificação alcalina de óleos vegetais para Produção de biodiesel: avaliação técnica e econômica*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Tecnologia Departamento de Engenharia Química Curso de pós-graduação em Engenharia Química. Seropédica. RJ. 2008

PARENTE, E. *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. Fortaleza: Tecbio, 2003.

OLIVEIRA, D. *Biodegradação de biodiesel de origem animal*. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP Instituto de Biociências – Rio Claro, 2008.

PORTAL biodiesel. Disponível em: www.biodiesel.gov.br Acesso em 20 de abril de 2011.

RIBEIRO, T. C. *Síntese de Insumos Químicos a partir de Biodiesel Produzido pela Transesterificação de Gordura Animal* Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, 2010.

REVISTA globorural.globo.com/Revista/Common/0,ERT168364-18282,00.html Edição 299 - set/2010.

RIO, R. *Fábrica na Dinamarca produz biodiesel de gordura animal*. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/fabrica-dinamarca-produz-biodiesel-gordura-animal-14-08-09.htm> Acesso em 25 de março de 2016.

ROCHA, D. *Sebo bovino será fundamental para exportações de biodiesel, diz secretário*. Disponível em: <http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/argentina/Lists/Noticias/DispForm.aspx?ID=721> > Acessado em 17 de setembro de 2015

SANTOS. *Catalisadores Heterogêneos para a Produção de Biodiesel- Metanólise do Óleo de Soja sobre Hidrotalcites de Magnésio e Alumínio Modificadas*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Lisboa, 2007.

SARROUH, FIORILO, SILVA, RIVALDI. *Glicerol de biodiesel. Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel*. Escola de Engenharia de Lorena (EEL), Universidade de São Paulo (USP).

SCHUCHARDT, U.; SERCHEL, R.; VARGAS, R. M. Transesterification of Vegetable Oils: a Review. *J. Bras. Chem. Soc.* V. 9, n. 1, p. 199-210, 1998.

bioenergia em revista: diálogos, ano 7, n. 1, p. 80-102, jan./jun. 2017.

Mazzonetto, Alexandre Witier; Aleixo, Irani ; Daragoni, Daniela

Produção de biodiesel de gordura animal

SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M.; SANTOS, J. C. O.; SILVA, M. C. D.; PRASAD S. A thermoanalytical and kinetic study of sunflower oil. *Brazilian Journal Chemical. Engineering*. V. 21, n. 02, p. 256-273, 2004.

SOUZA, S. P. S.; PACCA, S.; ÁVILLA, M. T.; BORGES, J. L. B. Greenhouse gas emissions and energy balance of palm oil biofuel. *Renewable Energy*. V. 35, n. 1, p. 2552-2561, 2010.

STELUTI. *Estudo do processo de separação das fases biodiesel-glicerina por centrifugação*. Maringá - PR – Brasil, 2007.

SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, A. L. F.; RODRIGUES, J. P.; ALVES, M. B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. *Química Nova*. Vol. 32, n. 3, 768-775, 2009.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M.; MENEGHETTI, P. M. R.; WOLF, C. R. Transformação de Triglicerídeos em Combustíveis, Materiais Poliméricos e Insumos Químicos: Algumas Aplicações da Catálise na Oleoquímica. *Química Nova*. Vol. 30 (3), p. 667-676, 2007.

WUST, E. *Estudo da viabilidade técnico-científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau. 2004.

1 Mazzonetto, Alexandre Witier. Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas FEAGRI/UNICAMP. Mestrado em Engenharia Agrônoma – Máquinas Agrícolas/Biomassa – Colheita Integral de Cana, pela Universidade de São Paulo – ESALQ-USP, Doutorado pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas – Departamento de Energia – FEM/UNICAMP (Cogaseificação de biomassa residuais). Na Graduação envolveu-se em Pesquisa/Desenvolvimento de processos térmicos, desenvolvendo um secador rotativo de sementes e outro de leito fluidizado. Desde o Mestrado vem trabalhando com fontes renováveis de energia, biomassa residuais (tratamento e geração de energia), levando-o a cursar Química na Universidade Mackenzie (Bacharel, Licenciatura e Industrial). Processos térmicos para obtenção de biocombustíveis, gaseificação e pirólise e combustíveis sustentáveis, gás de síntese (Syngas), produção e uso do biogás, bem como condicionamento do biogás e syngas. Atualmente é Professor nas FATECs de Piracicaba (Biocombustíveis e Gestão Empresarial) e Tatuapé.

2 Aleixo, Irani. Tecnóloga em Biocombustíveis pela Fatec Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”. E-mail: aleixo_4@yahoo.com.br

3 Daragoni, Daniela. Tecnóloga em Biocombustíveis pela Fatec Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”. E-mail: danidaragoni@hotmail.com