

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS

ENGENHARIA MECÂNICA

ERICK D' ANGELO

N. CLASS.	M 680
GUTTER	A 984 p
ANO/EDIÇÃO	2013

**PROJETO PARA CONSTRUÇÃO DE UMA MINI-USINA PARA PRODUÇÃO DE
BODIESEL A PARTIR DO REAPROVEITAMENTO DE ÓLEO VEGETAL DE
COCCÃO DE ALIMENTOS**

**Varginha
2013**

FEPESMIG

ERICK D' ANGELO

**PROJETO PARA CONSTRUÇÃO DE UMA MINI-USINA PARA PRODUÇÃO DE
BIODIESEL A PARTIR DO REAPROVEITAMENTO DE ÓLEO VEGETAL DE
COZIDA DE ALIMENTOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Me. Alexandre Lopes.

**Varginha
2013**

ERICK D' ANGELO

**PROJETO PARA CONSTRUÇÃO DE UMA MINI-USINA PARA PRODUÇÃO DE
BIODIESEL A PARTIR DO REAPROVEITAMENTO DE ÓLEO VEGETAL DE
COCCÃO DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de engenharia mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Me. Alexandre Lopes

Prof. Luiz Carlos Vieira Guedes

Prof. Luciene de Oliveira Prósperi

OBS:

Dedico este trabalho a minha família e amigos que sempre estiveram presentes durante todo este caminho acreditando em meu potencial e aos professores que tanto me ensinaram durante o curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo total apoio nesta importante fase da minha vida e por não deixarem desistir dos meus sonhos. Agradeço aos meus amigos e irmãos que fiz durante o curso, que me ajudou nessa jornada, e acreditou nesse projeto e chegou onde chegou e ainda tem muito para avançar. Agradeço ao professor/orientador Alexandre Lopes por acreditar e participar das minhas minhas dúvidas quando foram necessárias, e também ao Prof. Jean Roger Guimarães pelos ensinamentos no laboratório de Química e tudo que me auxiliou.

RESUMO

O projeto apresentado visa a construção de uma Mini-Usina para produção de Biodiesel justifica-se pelo fato de toda matéria captada (gordura de fritura) será transformada em biodiesel, a parcela de descarte será também de serventia, como fabricação de sabão por exemplo. Os estudos referentes permitem observar a ideia de baixo custo de fabricação de biodiesel, preservação da natureza, melhor qualidade de vida e manter uma pontencialidade nos padrões das normas de biodiesel já consagrado e utilizado na mistura de 2% do volume de diesel comum em raros postos distribuídos no Brasil. A partir da operacionalização da construção de uma Mini-Usina com base na estrutura econômica e social, deseja-se estudar as consequências que a fabricação de biodiesel poderá proporcionar; estudar sob o ponto de vista da engenharia mecânica a resistência dos materiais utilizados.

Palavras-chave: Biodiesel. Mini-Usina. Aplicações de Engenharia.

ABSTRACT

The presented project aims at building a small-plant for biodiesel production is justified by the fact that all matter captured (frying fat) will be transformed into biodiesel, the portion of disposal will also be the usefulness as manufacturing soap for example. Studies concerning allow to observe the idea of low-cost manufacturing of biodiesel, nature conservation, better quality of life and maintain a potentiality standards of biodiesel standards already established and used in the mixture of 2% of the volume of diesel in rare gas distributed in Brazil. From the operation of building a small-plant based on economic and social structure. I will want to study the socioeconomic impacts that biodiesel production could provide; study from the point of view of engineering mechanical resistance of the materials used.

Key words: *Biodiesel. Small-plantl. Engineering Applications.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Reação de Transesterificação.....	15
Figura 02 – Fluxograma de Produção de Biodiesel.....	16
Figura 03 – Processo de agitação e aquecimento.....	17
Figura 04 – Decantação de glicemia.....	18
Figura 05 – Elimina-se a glicemia.....	18
Figura 06 – Decantação das impurezas após lavagem.....	19
Figura 07 – Biodiesel pronto.....	19
Figura 08 – Síntese do biodiesel.....	20
Figura 09 – Imagem em Solid - Estruta.....	23
Figura 10 – Imagem em Solid.....	24
Figura 11 – Imagem em Solid - Tampa Cilindro maior.....	24
Figura 12 – Imagem em Solid.....	25
Figura 13 – Imagem em Solid - Tampa Cilindro menor.....	25
Figura 14 – Projeto Final em Solid.....	26
Figura 15 – Simulação de Custos.....	26
Figura 15 - Diagrama de um trocador de calor de correntes opostas de simples tubo no interior de outro tubo.....	30
Figura 16 - Imagens do Trocador de Calor em Solid.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 O QUE É BIODIESEL.....	11
3 VANTAGENS DO BIODIESEL.....	12
4 DESVANTAGENS DO BIODIESEL.....	14
5 REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO.....	15
6 PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM ESCALA LABORATORIAL.....	17
7 MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
8 DEFINIÇÃO DO PROCESSO E SEQUÊNCIA DA CONSTRUÇÃO DA MINI- USINA.....	22
8.1 Materiais e métodos.....	22
8.1.1 Suporte estrutural.....	23
8.1.2 Cilindro maior.....	23
8.1.3 Cone maior.....	24
8.1.4 Cilindro menor.....	24
8.1.5 Cone menor.....	25
9 PASSOS SEGUINTE PARA O PROJETO.....	28
9.1 Inclusão trocador de calor tipo duplo tubo	28
9.2 Trocador de calor tipo duplo tubo.....	28
10 MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
11 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o International Energy Outlook (IEO,2009), publicado pelo Departamento de Energia dos EUA, o consumo mundial de energia foi de 472 quatrilhões de “British terminal unis” (Btu), no ano de 2006. E ainda que, a previsão para 2030 será de 678 quatrilhões de Btu, o que significa um aumento de 44% na necessidade mundial de energia, se forem mantidas as leis políticas energéticas atuais. Sendo assim, podemos verificar uma participação significativa no setor de transporte, visto que uma grande malha rodoviária do Brasil é abastecido com diesel. (MCT, 2009).

Segundo OLIVEIRA E COLS, a maior parte de toda a energia consumida no mundo vem do petróleo, uma fonte limitada, pensando assim a cada ano que passa, aumenta o consumo de combustíveis derivado do petróleo, em consequência o aumento da poluição e a destruição do meio ambiente.

Segundo Kaplan, o consumo brasileiro de diesel, em 2003, foi de cerca de 38 bilhões de litros. No ano de 2007, cerca de 40 bilhões de litros desse combustível são usados, ocorrendo a importação de 2 bilhões de litros por ano – o equivalente a 5% do diesel consumido (Kaplan e cols., 2007).

Portanto temos que procurar com todo esse consumo fontes renováveis de combustíveis, como segundo Almeida Neto, a Alemanha e o Brasil anda pesquisando e estudando a produção de biodiesel a partir de óleo vegetais e residuais, como óleo de soja e óleo usados provenientes de frituras. Ainda pensando nas preocupações econômicas e com o meio ambiente, além das previsões que as reservas de energia não renováveis esgotem nos próximos 50 anos, a procura por novas fontes aumenta ainda mais.

No Brasil, o Congresso Nacional aprovou a lei nº 11.097, em 13/01/2005, que torna-se obrigatória a adição de 2% de biodiesel ao diesel (B2) até 2008 e a adição de 5% (B5) até 2013 (GERIS E COLS., 2007).

Segundo Costa e Neto, biodiesel é um combustível obtido de fontes limpas e renováveis que não contribui para a formação de chuvas ácidas, e é biodegradável, comparando ao diesel oferece vantagens ao meio ambiente como a redução de emissão de dióxido de carbono, o principal responsável pelo efeito estufa. Essas vantagens se resume em menos custos a saúde pública, visto o grande consumo de transportes rodoviários nas grandes cidades do Brasil.

Portanto, este projeto visa a construção e montagem de uma Mini-Usina de biodiesel de baixo custo e de fácil operação, capaz de produzir trinta litros por batelada, pelo processo de transesterificação usando óleo vegetal de cocção de alimentos.

2 O QUE É O BIODIESEL

Segundo Macedo o biodiesel é um combustível líquido, bidegradável, não tóxico, produzido a partir de diferentes matérias-primas, tais como óleos vegetais e outros, gorduras animais, óleos e gorduras residuais, por meio de diversos processos. A evolução tecnológica evidencia a adoção da transesterificação como principal processo de produção. Consiste numa reação química em meio alcalino, onde se fazem reagir óleos vegetais (ou gorduras animais) e um álcool (etanol ou metanol) (MACEDO, 2005).

Portanto o biodiesel é um combustível alternativo de queima limpa, produzido de recursos renováveis, doméstico e de fácil acesso, não contém petróleo mais pode ser adicionado a ele tornando-se uma mistura. Pode ser usado em um motor de ignição e compressão, sem necessidade de nenhuma modificação mecânica.

3 VANTAGENS DO BIODIESEL

Por ser biodegradável e não tóxico, se houver algum tipo de derramamento, seja na água ou no solo, as consequências serão menos agravantes quando comparada ao diesel mineral. Devido à sua origem renovável, o biodiesel reduz as principais emissões presentes nos gases de exaustão (exceto óxidos de Nitrogênio (NOx)) (KNOTHE et al., 2006). Resultados com relação às emissões de particulados apontaram redução de 41,5% destes em um ônibus coletivo de Curitiba, que utilizou 20% de óleo de fritura transesterificado misturado ao diesel mineral (ROSSI; COSTA NETO, [199-])

Um grande aspecto favorável com relação ao uso do biodiesel de óleo de resíduos de frituras consiste nas propriedades físico-químicas, as quais são semelhantes ou melhores que as do diesel. O elevado ponto de fulgor do biocombustível confere maior segurança de manuseio e de transporte do fluido (KNOTHE et al., 2006).

Segundo, Rossi; Costa Neto, apontaram, para o B100 de óleos residuais transesterificados, um índice de 151°C. No entanto, quando utilizado o B20, este valor cai para 34°C, 4 graus abaixo do óleo convencional (38°C), e não requer adaptações.

Possui excelente lubricidade (KNOTHE et al., 2006)

Segundo Parente, cerca de 2/3 dos custos da produção do combustível está associado ao valor da matéria-prima, aproximadamente 70% do valor do produto são representados pela obtenção dos óleos virgens. Desse modo ao utilizar o óleo da cocção de alimentos, o preço final do biocombustível pode ser reduzido fundamentalmente (PARENTE, 2003).

Portanto, a sociedade pode ser muito favorecida, o biodiesel é uma energia renovável; é um ótimo lubrificante para o motor e pode aumentar a vida útil do motor; o biodiesel tem risco de explosão baixo; o uso do biodiesel como combustível proporciona ganho ambiental para todo o planeta, pois colabora para diminuir a poluição e o efeito estufa; a viabilidade do uso direto foi comprovada na avaliação dos componentes do motor, que não apresentou qualquer tipo de resíduo que comprometesse o desempenho e para uso do biodiesel não é preciso nenhuma adaptação nos motores diesel;

A viabilidade do uso direto foi comprovada na avaliação dos componentes do motor, que não apresentou qualquer tipo de resíduo que comprometesse o desempenho; proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos; proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia; utilizar fontes alternativas de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias

aplicáveis; redução da emissão de poluentes locais com melhorias na qualidade de vida e da saúde pública.

4 DESVANTAGENS DO BIODIESEL

Um problema que se origina da produção de biodiesel, é a grande oferta da glicerina, grande parte desse produto tem um mercado a preços bem inferiores dos atuais.

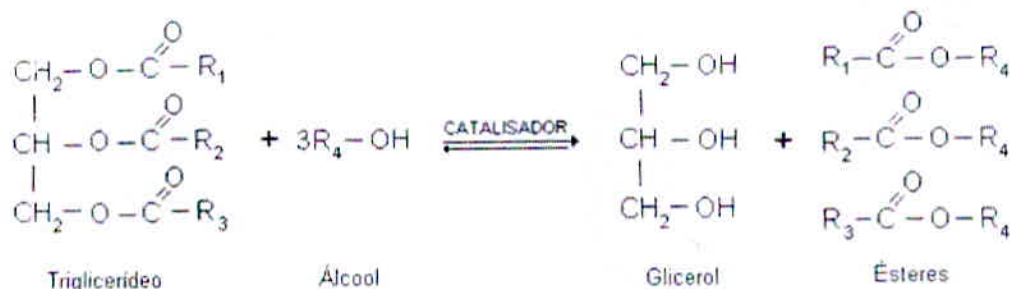
Como foi possível notar, os entraves acima descritos não estão relacionados apenas ao óleo residual, mas sim a qualquer matéria-prima empregada para o processo.

Sendo assim uma das grandes desvantagens segundo Ramos, é a presença da umidade e de ácidos graxos livres (AGL), podendo estar acima do ideal por consequência do processo de fritura dos alimentos, por isso, tem-se um custo de produção a mais, visto a necessidade de purificação, retirada das impurezas, do óleo recebido. Pois como no Brasil não há normas que especifiquem sobre o tempo de uso dos óleos em processo de fritura (RAMOS, 2006).

5 REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO

Na reação de transesterificação o triglicerídeo reage com um álcool simples (metanol ou etanol), formando ésteres (metílico ou etílico), que constituem o biodiesel e glicerol (RA Ferrari, Química Nova 28(1),19-23).

Figura 01- Reação de Transesterificação



Fonte: Leite; Braga, 2009.

Segundo RA Ferrari, através da reação de transesterificação é possível a separação da glicerina dos óleos vegetais, após a reação obtém-se a glicerina, substância que pode ser usada para a fabricação de sabão, e o Biodiesel um combustível renovável alternativo, para que essa reação que também pode ser chamada de alcólise possa ocorrer de maneira mais rápida, podem-se empregar catalisadores enzimáticos, sendo o mais utilizado para a fabricação de biodiesel no Brasil.

O intuito da realização da reação de transesterificação é a redução da viscosidade, para com isso, melhorar as propriedades físico-químicas do combustível e otimizá-lo no processo de combustão. Se não ser submetido a essa reação, leva a problemas de operação dos motores diesel, como já citados neste trabalho.

Além da qualidade da matéria prima afetar a qualidade da conversão de materiais graxos em ésteres, outros parâmetros também são importantes para se obter melhores conversões de materiais graxos em ésteres, como os Catalisadores Alcalinos que vai ser usado. Atualmente, a maioria da produção de biodiesel utiliza catalisadores alcalinos. Os catalisadores mais empregados em processos industriais são o hidróxido de potássio (KOH) e o hidróxido de sódio (NaOH) devido a maior disponibilidade e baixo custo dos produtos (RA Ferrari, Química Nova 28(1),19-23.).

A utilização de catalisadores básicos permite várias vantagens econômicas no processo de produção de biodiesel, entre elas confere taxas de conversão até quase 4000 vezes superior, nas mesmas proporções, da catálise ácida. Somado a isto, agregam-se o custo das bases, bastante inferior, quando comparado ao de enzimas, e a disponibilidade dos catalisadores alcalinos, os quais podem ser reutilizados (RA Ferrari, Química Nova 28(1),19-23).

6 PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM ESCALA LABORATORIAL

Reagentes

Para a obtenção do biodiesel, foram utilizados os seguintes materiais:

200g de óleo de soja (óleo de cozinha);

40g (20%) Álcool etílico (etanol) absoluto 99,3°²

1,4g (0,7%) Hidróxido de Sódio (soda cáustica)³

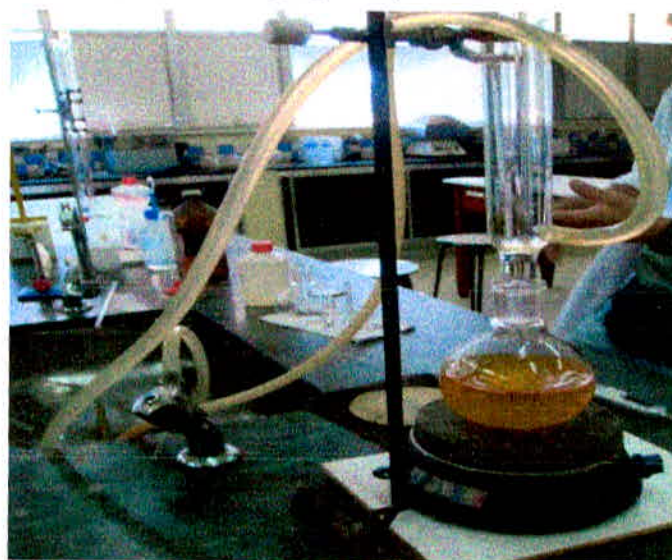
Água

Em um recipiente menor, é colocado o etanol e o Hidróxido de Sódio, em seguida faz-se a agitação.

Em outro recipiente maior, coloca-se o óleo e aquecido a uma temperatura de 60°. Após o aquecimento mistura-se os catalisadores (soda e etanol) junto ao óleo, deixando agir por 30 minutos, e descansando para que ocorra a decantação. Após o descanso, a solução terá duas fases, o que estará por baixo será a glicerina, que será descartada. O restante é o Biodiesel.

Para se obter Biodiesel mais puro, deve-se submeter a lavagem, que consiste em acrescentar água ao Biodiesel, deixando descansar, formando novamente duas fases.

Figura 03 - Processo de agitação e aquecimento



Fonte: O autor.

Figura 04 - Decantação da glicerina



Fonte: o autor

Figura 05 - Eliminação da glicerina



Fonte: O autor.

Figura 06 - Decantação das impurezas após lavagem com água



Fonte: O autor.

Figura 07 - Biodiesel pronto



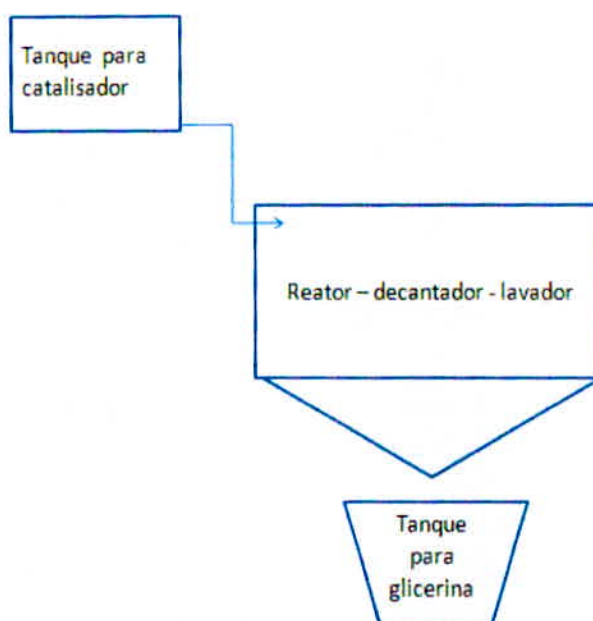
Fonte: O autor.

7 MATERIAIS E MÉTODOS

Para cada 100 kg de óleo serão utilizados 20 a 27 kg da mistura catalisador/álcool (NaOH em metanol à 2,5% aproximadamente).

Produção de biodiesel: O biodiesel foi obtido através da reação de transesterificação. A temperatura utilizada para a mistura do catalisador será a do meio ambiente (preferencialmente entre 25 e 35°C). A utilização do metanol deverá ser preferencial neste trabalho (mesmo sabendo de sua toxicidade quando comparado ao etanol) pois é utilizado em menor quantidade para obter a mesma razão molar com o óleo, reage melhor em temperaturas mais baixas, e principalmente por favorecer a decantação durante a separação da glicerina e sua menor interação com impurezas normalmente contidas nos óleos e gorduras reciclados.

Figura 08 - Síntese do biodiesel



Fonte: <http://www.biodieselbr.com/biodiesel>. Acesso em 29 set 2013.

A reação de transesterificação é realizada em um reator de 30 litros, provido de uma agitação mecânica. O sistema permanece a 50° C e então 10 litros de óleo de cozinha usado (previamente filtrado) são adicionados.

Quando o sistema atinge 55° C, a solução de 2 litros de metanol ou etanol anidro e 30 g. do catalisador (NaOH) é adicionada, estabelecendo-se este momento como sendo o tempo zero da reação. O tempo da reação é de 2 horas, pois neste tempo pode-se constatar a conversão completa de ésteres pelo escurecimento brusco da mistura, seguida de retorno a coloração inicial. Isto resulta na formação de uma fase superior correspondente aos ésteres metílicos e uma fase inferior contendo a glicerina. A fase inferior contém também o excesso do metano ou etanol, o hidróxido de sódio (soda cáustica) remanescente, junto com sabões formados durante a reação. Após a separação das duas fases por decantação, os ésteres obtidos são então purificados por meio de lavagem com uma solução de 4,5 litro de água destilada. Com isso o catalisador remanescente da reação é neutralizado. A fase aquosa é separada do éster por decantação e os traços de umidade são eliminados pela filtração com sulfato de sódio anidro. Permanece a glicerina no fundo e com a separação do excesso de metanol ou etanol temos o Biodiesel.

8 DEFINIÇÃO DO PROCESSO E SEQUÊNCIA DA CONSTRUÇÃO DA MINI USINA

8.1 Materiais e métodos

A mini-usina em questão será projetada e construída tendo como parâmetro básico a necessidade de um equipamento versátil. A mobilidade, facilidade de utilização foram fatores primordiais para o desenvolvimento do projeto.

O reator tem capacidade de produzir até 30 litros de biodiesel por batelada, o que permite sua utilização em estruturas que possam ser montadas em laboratórios de produção e análise de biocombustíveis.

No caso específico a mini-usina tem-se a proposta inicial de se trabalhar com o óleo que é descartado da fritura de alimentos, e suas respectivas misturas. Os alcoóis etílico e metílico serão utilizados como reagentes no processo, dando prioridade ao etanol por ser oriundo de fontes renováveis e porque o Brasil possui grande disponibilidade deste insumo. Como catalisadores, tem-se a proposta de se trabalhar com NaOH e metilato de sódio (30%), não impedindo a utilização de outros catalisadores.

No projeto da mini-usina foram considerados diversos fatores que estão ligados diretamente com a parte técnica e econômica do processo de produção do biodiesel. Pesquisa da compatibilidade dos materiais utilizados nas tubulações, conexões, registros, confecção dos tanques. Será utilizado tubo de aço com costura (reciclado) e diâmetro de 4" para construção dos reservatórios, a estrutura de fixação será construída em aço carbono. Serão utilizados dois motores de agitação mecânica com hélice trabalhando a 500rpm. Para o reator e evaporador foram utilizadas resistências encapsuladas para aquecimento.

O material utilizado para a fabricação do recipiente que comportará os produtos foi uma chapa metálica fina, a Chapa #8. Um material extra doce, que corresponde todas as necessidades como, custo favorável, facilidade em calandrar, usar e resistente a temperatura que será utilizada e à produtos químicos.

A seguir, algumas de suas propriedades:

Bitola MSG = 8

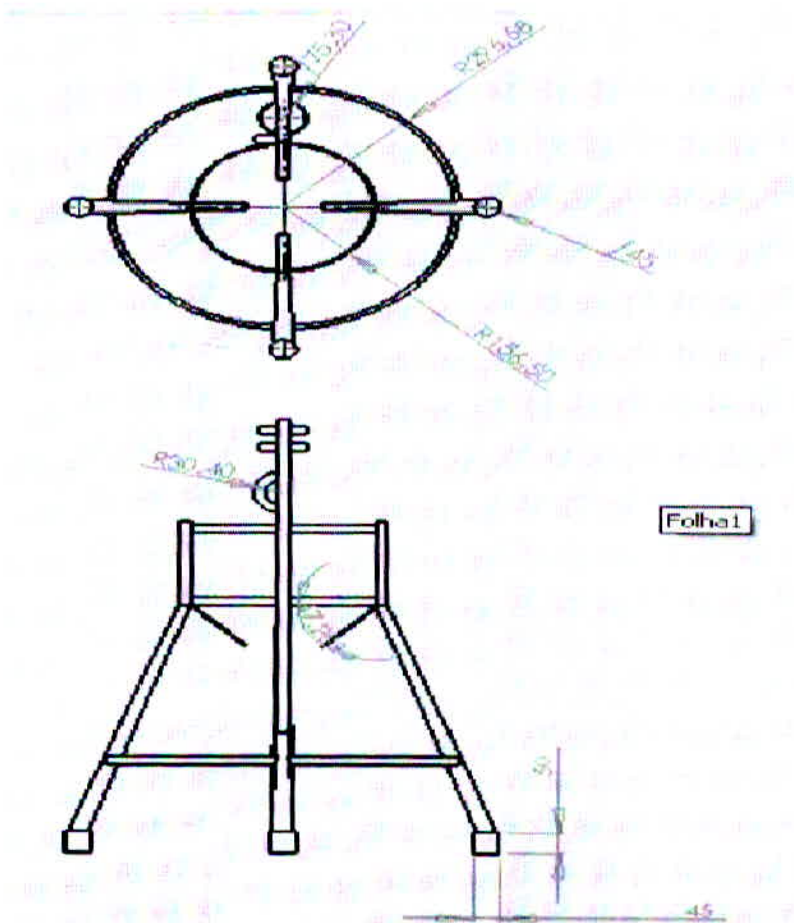
Espessura: mm = 4.18 pol = 0.164

Peso = 33.566 Kg/m²

8.1.1 Suporte estrutural

- Tubo cilíndrico: $\varnothing \frac{3}{4}$ " x 4400mm
- Chapa: 2000 x 1200 #18
- Barra chata: 530 x 20 x 3/16"
- Válvula esférica $\frac{1}{2}$ "
- Termostato
- Resistência maxi aquecedor 110v
- 2 motores

Figura 09 - Imagem em Solid - Estrutura

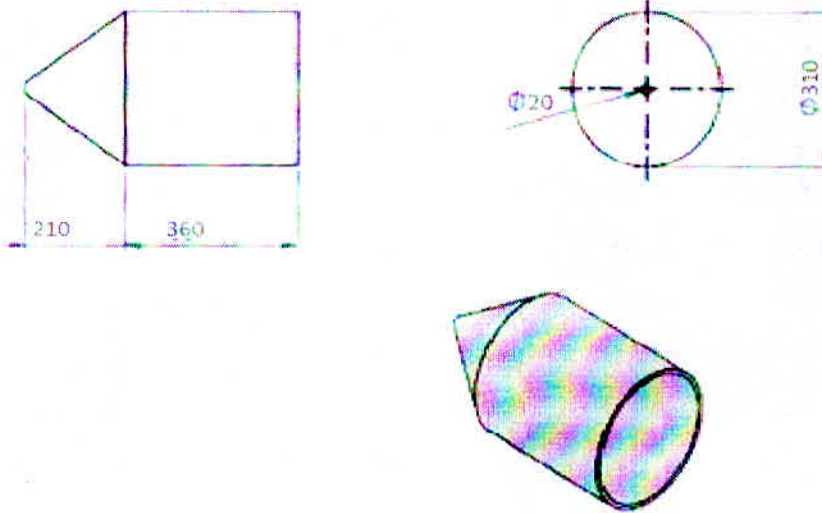


Fonte: o autor.

8.1.2 Cilindro maior

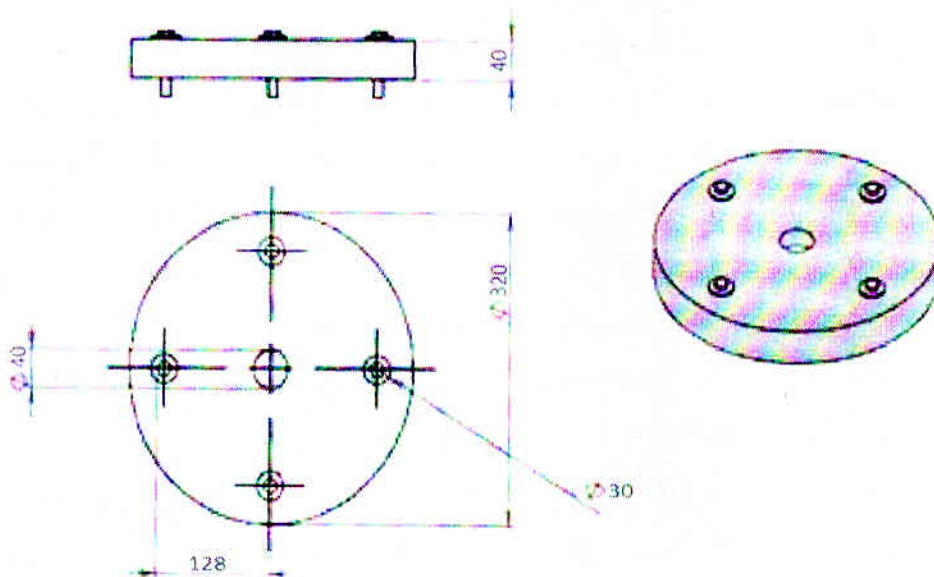
- Chapa: 960 x 370 x #18

Figura 10 - Imagem em Solid



Fonte: o autor.

Figura 11 - Imagem em Solid - Tampa Cilindro Maior



Fonte: o autor.

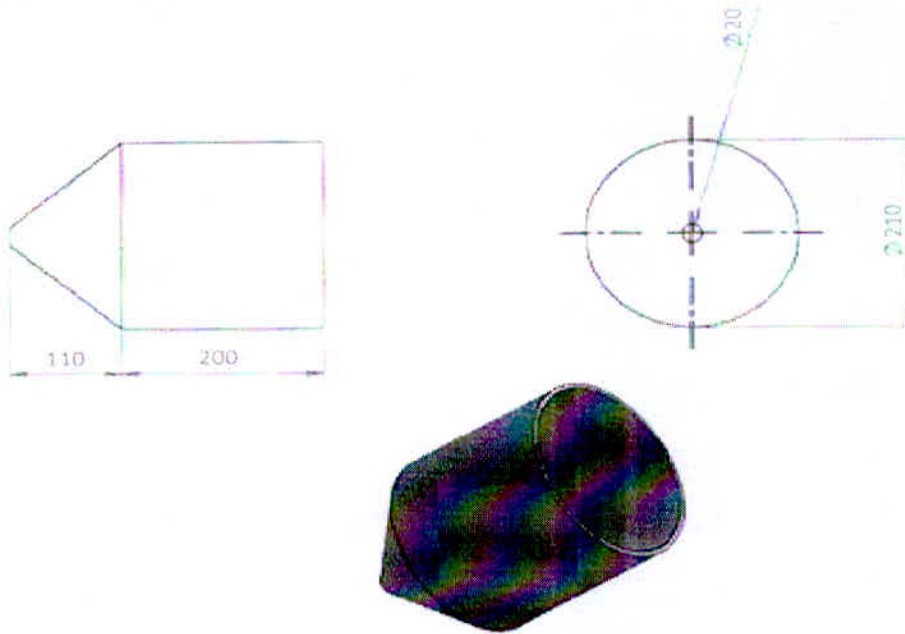
8.1.3 Cone maior

- Chapa: 475 x 475 x #18

8.1.4 Cilindro menor

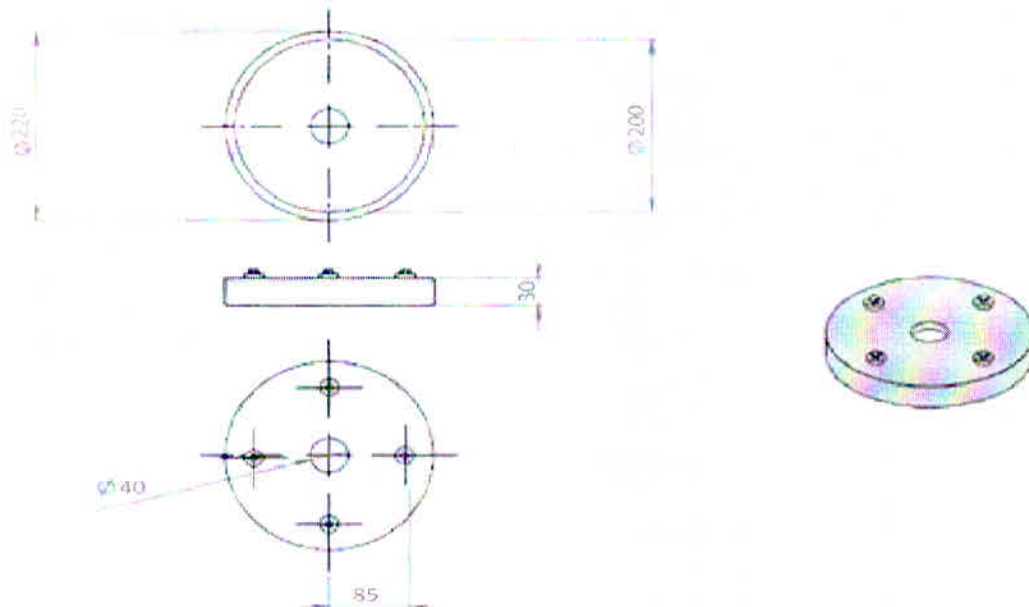
- Chapa: 345 x 115 x #18
-

Figura 12 - Imagem em Solid



Fonte: o autor.

Figura 13 - Imagem em Solid – Tampa Cilindro Menor

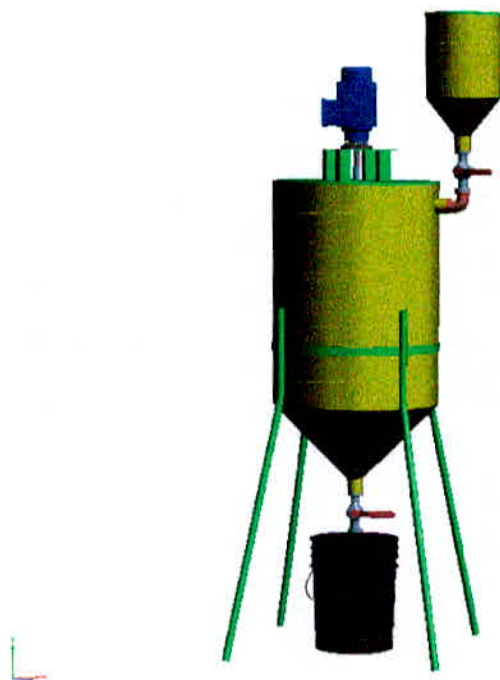


Fonte: o autor.

8.1.5 Cone menor

- Chapa: 115 x 115 x #18

Figura 14 - Projeto Final em Solid



Fonte: o autor.

8.1.6 Simulação de Custos

Figura 15 - Custos

Chapa: 2000 x 1200 #18	R\$ 77,80
Tubo cilíndrico: Ø ¾" x 4400mm	R\$ 15,60
Válvula esférica ½":	R\$ 10,80
Termostato:	R\$ 80,00
Resistência maxi 110 v	R\$ 00,00
2 motores(sucata	R\$500,00
Mão de Obra	R\$ 50,00
Metanol (1L)	R\$ 2,25
Soda Caústica (950g)	R\$ 5,60
Custo total:	R\$242,05

Pesquisa realizada em 24/09/2013 – Fonte: Madfer Ferro e Aço LTDA/Mercado Livre

9 PASSOS SEGUINTE PARA O PROJETO

9.1 Inclusão trocador de calor tipo duplo tubo

Segundo SONG, trocador de calor é um dispositivo usado para realizar o processo de troca térmica entre dois fluidos em diferentes temperaturas, capaz de aproveitar calor que uma vez seria jogado no meio ambiente, não seria reaproveitado. É muito comum em várias áreas da engenharia.

Após algumas análises e possíveis mudanças futuras, existe a possibilidade, de incluir junto a mini-usina, um Condensador sendo utilizado como trocador de calor para que no processo em que se aquece os catalisadores com o óleo não tenha perda do álcool.

O material usado na fabricação de trocadores de calor, geralmente possui coeficiente de condutibilidade térmica elevado. Sendo assim, são amplamente utilizados o cobre e o alumínio e suas ligas.

Considerando que as propriedades da seção de um fluido não se altera com o tempo, a eficiência de um trocador de calor depende principalmente:

- Do material utilizado para construção;
- Da característica geométrica;
- Do fluxo, temperatura e coeficiente de condutibilidade térmica dos fluidos em evidência;

No projeto será utilizado um Trocador de calor tipo duplo tubo

9.2 Trocador de calor tipo duplo tubo

Este é o tipo de trocador utilizado no projeto. É feito por dois tubos internos um ao outro, conectados nas extremidades com a finalidade de suportar o tubo interno mantendo-o centralizado, promover a entrada, a saída ou o retorno do fluido de uma perna a outra. Duas pernas de duplo tubo formam um grampo em U (curva de retorno) geralmente é exposto, o qual não fornece uma superfície de Transferência de Calor efetiva.

São facilmente construídos a partir de tubos e peças padronizadas e facilmente encontradas no comércio:

Tubo externo de 2 a 4" (≈ 5 a 10 cm) (anel)

Tubo interno de $\frac{3}{4}$ a 2 $\frac{1}{2}$ " ($\approx 1,9$ a 6,3 cm)

Comprimento efetivo de 12, 15 ou 20 ft (3,6; 4,6 ou 6 m).

Normalmente são montados em comprimentos de até 6m e não devem ser maiores porque o tubo interior pode se curvar e tocar no tubo exterior causando má distribuição no fluxo de fluido no anel.

- Podem apresentar aletas no exterior do tubo interno
- Pressões admissíveis: anel - até 2000 psi (138 bars) e tubo - até 20.000 psi (1380 bars)
- É possível o verdadeiro escoamento em contracorrente
- Usado para pequenas áreas de troca: de 100 a 200 ft² (9,3 a 18,6 m²)

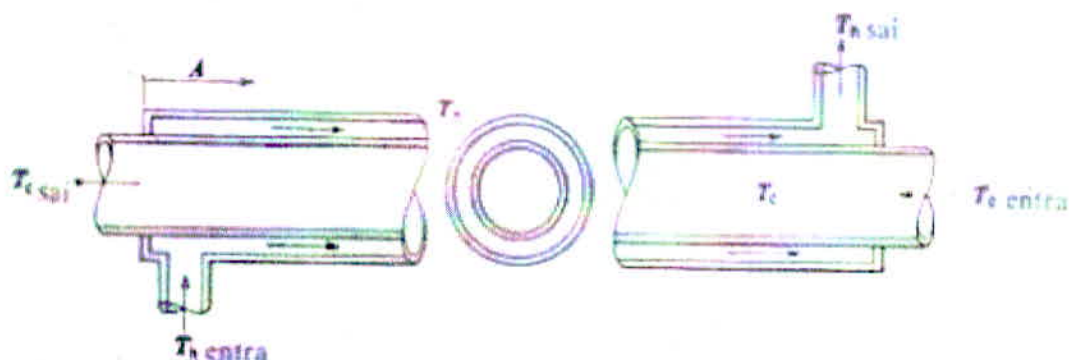
Este tipo é bastante usado pela facilidade de construção, acesso à manutenção devido a facilidade de desmontagem, mais sua utilização é restrita a pequena área de troca de energia.

10 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados preliminares do projeto: Mini-Reator já existente, um trocador de calor (Condensador) do tipo duplo tubo e composto por dois tubos concêntricos, geralmente com trechos retos e com conexões apropriadas nas extremidades de cada tubo para dirigir os fluidos de uma seção reta para outra.

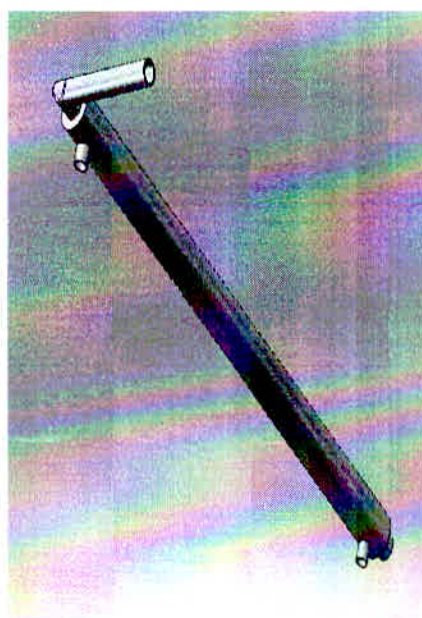
Neste tipo de trocador, um fluido escoa pelo tubo interno e outro, pelo espaço anular, a troca de calor ocorre através da parede do tubo interno.

Figura 15 - Diagrama de um trocador de calor de correntes opostas de simples tubo no interior de outro tubo.



Fonte: demec.ufmg.br

Figura 16 - Imagens do Trocador de Calor em Solid



Fonte: o autor.

11 CONCLUSÃO

A utilização de Biodiesel como combustível tem apresentado um potencial promissor no mundo inteiro. Em primeiro lugar, pela sua enorme contribuição ao meio ambiente, com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental e, em segundo lugar, como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados de petróleo.

Apesar do equipamento ser relativamente simples, abre caminho para novos projetos, como no caso do projeto presente, a inclusão do trocador de calor, do ponto de vista ambiental, o uso de trocadores de calor favorece o meio ambiente no momento em que se evita o descarte de fluidos em temperaturas elevadas ou então quando possibilita o reaproveitamento desse mesmo fluido para algum outro processo no setor que será utilizado.

O projeto desta Mini-Usina foi visando uma praticidade e viabilidade, com a apresentação da metodologia utilizada para a concepção do equipamento, bem como os passos para a construção física do modelo, permitirão a diversas pequenas indústrias, ou até mesmo, o próprio produtor rural, fabricar seu biocombustível, gerando assim, um gasto a menos.

Notas

1. O álcool etílico 99,3°, pode ser encontrado em supermercados ou farmácias como solvente para tintas e vernizes.
2. O Hidróxido de Sódio pode ser encontrado em supermercados ou lojas de produtos químicos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA NETO, J. A., SAMPAIO, L. A. G., NASCIMENTO, C. S. **Projeto Bio Combustível: processamento de óleos e gorduras vegetais *in natura* e residuais em combustíveis tipo diesel.**
- COSTA NETO, P.R.; ROSSI, L.F.S.; ZAGONEL, G.F e RAMOS, L.P. **Produção de biodiesel alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras.** Química Nova, v23, n. 4, p.531-537, 2000.
- FERRARI, R.A.; OLIVERIA E COLS, V.S. e SCABIO, O.A. **Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia.** Química Nova, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.
- GERIS, R.; SANTOS, N.A.C.; AMARAL, B.A.; MAIA, I.S.; CASTRO, V.D. e CARVALHO, J.R.M. **Biodiesel de soja – Reação de Transesterificação para aulas práticas de química orgânica.** Química Nova, v.30, n. 5, 2007.
- KNOTHE, G.. **Historical Perspectives on Vegetable Oil-Based Diesel Fuels.** INFORM, Vol. 12(11), p. 1103-1107 (2001).
- MACEDO, Gabriela Alves; MACEDO, Juliana Alves. **Biodiesel: Produção de biodiesel por transesterificação de óleos vegetais.** Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, Campinas, v. 32, n. 1, p.38-46, jan. 2004.
- MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **INVENTÁRIO BRASILEIRO DAS EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA: INFORMAÇÕES GERAIS E VALORES PRELIMINARES.** Brasília, 2009.
- NASCIMENTO, U.M. et al., **Montagem e Implantação de Usina Piloto de Baixo Custo para Produção de Biodiesel, 1º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, Brasília, Brasil, Ago. 2006, pp. 147-150.**
- PARENTE, E. J. de S. et al. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado.** Fortaleza: Tecbio, 2003. 68p.
- RINALDI, R.; GARCIA, C.; MARCINIUK, L.L.; ROSSI, A.V. e SCHUCHARDT, U. **Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral.** Química Nova, v. 30, n. 5, p. 1374-1380, 2007.
- SONG,T.W. **Condições de Processo num Trocador de Calor.** 2004. Disponível em: <<http://collatio.tripod.com/regeq/condies.htm>> Acesso em: 22 set 2013.

SUAREZ, P.A.; MENEGHETTI, S.M.P.; MENEGHETTI, M.R. e WOLF, C.R. **Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na óleoquímica.** Química Nova, v. 30, n. 3, p. 667-676, 2007.

BIODIESEL BR. **Definição de biodiesel:** Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/biodiesel/definicao/biodiesel.htm>. Acesso em 29 set 2013.