

ÓLEO DE DENDÊ, ALTERNATIVA AO ÓLEO DIESEL COMO COMBUSTÍVEL PARA GERADORES DE ENERGIA EM COMUNIDADES DA AMAZÔNIA

Miranda, R. de M. & Moura, R. D.

Embrapa Amazônia Ocidental

69.011-970 Manaus-AM tel.: (92) 622-2012 fax: (92) 622-1100

RESUMO

A consciência mundial atualmente se debruça para a utilização de fontes renováveis de energia em substituição às fósseis, visando menores poluição e degradação do meio ambiente. Dentro este enfoque, a Embrapa Amazônia Ocidental, com apoio financeiro do CNPq e Sudam, desenvolveu pesquisas no sentido de viabilizar motores Ciclo Diesel utilizando óleo de dendê (conhecido também como óleo de palma) como combustível. Foram monitorados um grupo-gerador MWM D225-4 instalado na Comunidade Boa União (Presidente Figueiredo - AM), um grupo-gerador Multi Fuel 4RTA-G da AMS que serve à usina de extração de óleo da Embrapa, além de uma kombi com motor diesel. Do grupo MWM foram obtidos os melhores resultados. Não houve necessidade de trocar ou modificar quaisquer de seus componentes mecânicos. O motor da kombi, devido à sua maior complexidade por ser veicular, foi testado com óleo de dendê mais fino (oleína). Para as condições em que foi utilizado, este óleo apresentou custo menor quando comparado ao diesel. O dendezeiro, oleaginosa de maior produtividade (5 mil kg/ha/ano), é altamente adaptado a regiões com índice pluviométrico, luminosidade e temperatura elevados, sendo assim, propício para a Amazônia. Esta espécie produz o ano todo, mantendo o homem do campo sempre em atividade e contribuindo para o desenvolvimento auto-sustentável do local onde é cultivada.

ABSTRACT

The world is currently aware of the efforts to find renewable energy sources as a substitute for fossil fuels. Seeking less pollution and environmental degradation, Embrapa Amazônia Ocidental with the financial support of CNPq and Sudam, developed research studies along these lines using palm oil as fuel in Cyclo Diesel engines. A set-generator MWM D225-4 was installed and

monitored in the Boa União Community (in the township of Presidente Figueiredo, State of Amazonas, Brazil). Also studied were a multi-fuel 4RTA-G AMS set-generator, which extracted the oil provided by Embrapa, and a van normally run on diesel fuel. Results showed that the MWM obtained the best results. There was no need to change or modify any of its mechanical components. The van engine, due to the complexity of being mobile, was tested with a finer palm oil (oleina). Under test conditions, this oil was more cost effective than diesel fuel. The palm oil has a larger productivity (5 thousand kg/ha/year) and is highly adapted to areas with a high pluviometric index, brightness and elevated temperatures and as such, ideal for the Amazon. This species is productive throughout the year, provides year round work for local people and contributes to sustainable development in the area where it is cultivated.

INTRODUÇÃO

ÓLEO DE DENDÊ COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA

A Amazônia brasileira possui o maior potencial para plantio de dendê no mundo, com área estimada de 70 milhões de hectares (BARCELOS, 1993) (BARCELOS et al, 1995). Isto corresponde a produção anual de 350 milhões de metros cúbicos de petróleo e a possibilidade de ocupação e desenvolvimento socioeconômico para 7 milhões de famílias diretamente envolvidas com a cultura. Para se ter idéia da magnitude destes números, é apresentado o seguinte dado: o consumo brasileiro anual de óleo diesel é da ordem de 35 milhões de metros cúbicos (ANP, 1999). Assim, com o destino de apenas 10(dez)% da área acima para cultura do dendê seria suprida a necessidade da frota nacional de transporte de carga com combustível ecologicamente correto, de fonte renovável, empregando na área milhões de famílias.

CPAQ-16871-1



Óleo de dendê, alternativa ...
2003
SP-S8445

S

8445

8

Caso houvesse a adição de 15% de óleo de dendê ao diesel (sem nenhuma modificação estrutural nos motores) consumido na região Norte ou em todo o País, seria possível além de haver diminuição das emissões gasosas indesejáveis, dar ocupação a milhares de famílias conforme apresentado na Tabela (1). Este percentual poderia ser gradativamente aumentado à medida que se ampliassem as áreas de cultivo, e propostas modificações na construção dos motores.

Tabela (1) – Acréscimo de 15% de óleo de dendê ao óleo diesel.

Local	Cons. diesel (m ³ /ano)	Cons. dendê (m ³ /ano)	Equiv. ha de dendê	Famílias benefic.
Reg. Norte	2.946.000	441.900	88.380 (ha)	8.838
Brasil	34.176.000	5.126.400	1.025.280 (ha)	102.528

Fontes: Embrapa- CPAA; PETROBRÁS

Na Amazônia existem cerca de 40.000 comunidades com população em torno de 4 milhões de habitantes, parte das quais podem se beneficiar com a produção e utilização do dendê. A maioria dessas comunidades não são atendidas com energia elétrica. Isto se deve às longas distâncias que o combustível de origem fóssil percorre desde o centro de produção até o local de consumo desse óleo (ZYLBERSTAJN et al, 1996). Este fator somado a pequena demanda, em virtude do parco número de habitantes por comunidade (em torno de 100), torna impraticável a aplicação de óleo diesel.

Assim, o óleo de dendê, que pode ser produzido nas cercanias do local de consumo, é uma alternativa de grande relevância para a aplicação como combustível a ser utilizado em motores veiculares ou estacionários nestas comunidades. No entanto, ainda se indispõe do completo domínio desta tecnologia, sendo necessário o aperfeiçoamento de sua eficiência e o perfeito conhecimento do impacto sócioeconômico causado quando utilizada para eletrificação.

ANTECEDENTES

Com o segundo choque do petróleo, em 1979, o Governo Brasileiro decidiu estudar várias fontes alternativas de energia, além do álcool de cana-de-açúcar que propiciou a criação do PROALCOOL, para fazer face à possíveis embargos de petróleo ao país naquela época com uma dependência de importação de cerca de 83% do consumo interno. Uma destas fontes é o óleo de dendê que foi enfatizado desde o início, por apresentar potencial de alta produtividade em áreas similares às da Amazônia, encontradas na Costa do Marfim e Indonésia.

Com o apoio do Programa de Mobilização Energético, e recursos financeiros do Fundo de

Mobilização Energético, a Embrapa criou o Programa Nacional de Pesquisa de Dendê, que previa a instalação de um banco ativo de germoplasma, para produção de sementes e trabalhos de melhoramento genético através de estudos das espécies nativas brasileiras e de espécies exóticas, capazes de fornecer genótipos adequados às condições edafo-climáticas da Amazônia. Para isto foi instalada a partir de 1980 a Estação Experimental do Rio Urubu (EERU) no Município de Rio Preto da Eva, Amazonas.

A área total atualmente plantada na EERU é da ordem de 412 hectares (BARCELOS & AMBLARD, 1992), parte da qual é destinada à produção de sementes para atendimento à clientes dendeicultores. Atualmente a Estação Experimental tem capacidade anual de fornecimento de 2 milhões de sementes comerciais (DxP), secas, pré-aquecidas e germinadas para os mercados interno e externo. Através da ampliação desta área, o país poderá se tornar auto-suficiente para a escala de produção pretendida nos próximos anos.

A tecnologia agrônômica para o plantio de dendê foi dominada, havendo sistema de produção para sua implantação.

Na Amazônia, próximo de 50 mil hectares já estão plantados em várias fases de desenvolvimento, com produção atual de 80 mil toneladas de óleo bruto, aplicados em mais de 50 produtos industrializados dentre os quais se destacam a margarina, pasta de dentes e maionese.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO ÓLEO DE DENDÊ

O óleo de dendê é formado predominantemente por “ésteres” produtos da condensação entre “glicerol” e “ácidos graxos”, chamados triglicerídeos.

ÁCIDOS GRAXOS

Os ácidos graxos de ocorrência natural nas gorduras em geral, possuem uma longa cadeia constituída de átomos de carbono e hidrogênio e um grupo terminal, chamado “grupo carboxila”, característico dos ácidos orgânicos.

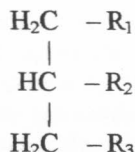
Aproximadamente 98% do óleo de dendê bruto é formado pelos seguintes ácidos graxos:

Ácido graxo		% no óleo de dendê
Saturados	Palmítico – C16	32 – 45
	Estéarico – C18	2 – 7
Insaturados	Oleico – C18.1	38 – 52
	Linoleico – C18.2	5 – 11

(MORETTO & FETT, 1989)(NOIRET & WUIDART, 1976).

TRIGLICERÍDEOS

São formados pela reação de uma molécula de glicerol (glicerina) com até três moléculas de ácidos graxos, conforme esquema a seguir:



Onde R_1 , R_2 e R_3 , são radicais de ácidos graxos (MORETTO & FETT, 1989) (BANDEL & HEINRICH, 1983).

O óleo de dendê, portanto, é um hidrato de carbono que possui elevado peso molecular, girando em torno de 887, em dependência dos ácidos graxos que farão parte de sua composição. Para sua utilização como combustível em motores ciclo Diesel este peso molecular exige maior pressão de trabalho no sistema de injeção e maior temperatura de queima para ser obtida eficiência na combustão semelhante ao óleo diesel. Este óleo é hidrocarboneto de cadeia linear de 14 carbonos com peso molecular de 198 (DOMSCHKE & GARCIA, 1968) (ALLINGER et al, 1978) (IBP, 1982).

CARACTERÍSTICAS GERAIS DO ÓLEO DE DENDÊ

QUANTO À AGRICULTURA:

- A produção se dá o ano inteiro;
- É produzido direto pela natureza: não requer transformação;
- A sua obtenção é fácil: não requer capacitação técnica especial;
- Sua forma é líquida: fácil manuseio, transporte e armazenagem;
- Não é agressivo: não prejudica materiais;

QUANTO À UTILIZAÇÃO COMO COMBUSTÍVEL:

- Poder calorífico equivalente ao diesel;
- Consumo de combustível e potência do motor equivalentes ao uso do diesel;
- Possui características lubrificantes;
- Baixíssima corrosividade;
- Energia elétrica para o desenvolvimento local;
- Energia própria: conforto e bem-estar no meio rural

- Para uso em motores estacionários, deve ser pré-aquecido no tanque ou na descarga, quando a temperatura for inferior a 30°C
- Para uso em motores veiculares na Amazônia (temperatura mínima superior a 17°C), deve ser utilizada sua fase chamada oleína.

QUANTO À ECONOMIA:

- Preço baixo do óleo vegetal;
- Economia de divisas;
- Baixo custo de transporte e distribuição;
- É um combustível próprio: independência de importação;
- Prestígio internacional: política energética conservacionista;
- Suprimento constante e seguro de energia;

QUANTO À ECOLOGIA:

- Não é nocivo e nem tóxico ao homem, animal, solo, ar ou água;
- Não é inflamável, nem explosivo e não emite gases tóxicos;
- Não provoca danos e prejuízos ao meio ambiente em vazamentos acidentais;
- Não causa efeito-estufa (retira CO_2 do ar atmosférico), ou chuva ácida;
- É um energético completamente reciclável;
- Seu uso é neutro à ecologia; (MENEZES, 1995)



MATERIAIS E MÉTODOS

Além de pesquisar no ramo agropecuário a Embrapa também tem a função de trabalhar em P&D de cada um de seus produtos, envolvendo-se em todos os aspectos da cadeia produtiva. No caso específico do dendê, está-se extraindo óleo de restos das pesquisas agrônômicas realizadas na EERU. Para isto foi montada usina com capacidade de processar 3 ton. cachos/h. Esta usina funciona também como unidade de demonstração a interessados. Portanto está ocorrendo a abrangência do conhecimento sobre o produto dendê, desde a área agrônômica até a utilização do óleo para fins energéticos, sendo que o grupo-gerador que energiza a usina utiliza óleo de dendê como combustível. Este grupo é dotado de motor DMS- MF 4RTA-G, multi-combustível de 150 cv, 4 cilindros em linha, turbo alimentado, intercooler.

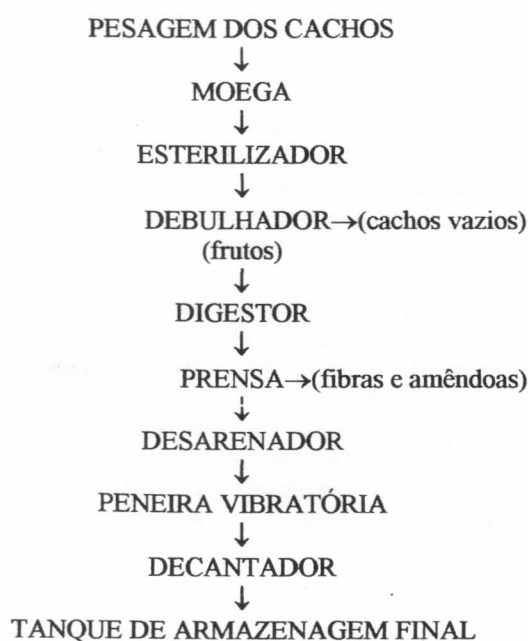
Outro grupo foi adaptado por técnicos da Embrapa, dotado de motor MWM D225-4, de 51cv e aspiração natural e está instalado na Comunidade Boa União. Esta comunidade é situada no final do Ramal Rumo Certo, Km 165 da BR 174, Município de Presidente Figueiredo, Amazonas. Foi necessária a realização de levantamento sócio-econômico dos

moradores da comunidade, para que seu desenvolvimento pudesse ser acompanhado desde a implantação do sistema. Foi adaptado também motor de kombi diesel, injeção indireta, para utilização de óleo de dendê como combustível.

PROCESSO DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE DENDÊ

Em uma usina de extração de óleo de dendê tudo se aproveita. As fibras podem ser queimadas em caldeiras; das amêndoas se extrai o óleo de palmiste (utilizado em cosméticos), cujas cascas podem servir de combustível para caldeiras. Os cachos vazios e a água servida (efluentes) voltam para o campo, servindo como adubo complementar.

O fluxograma abaixo mostra as várias fases por que passa o dendê em uma planta de extração de óleo (HARTLEY, 1988) (BASIRON & DARUS, 1996).



Dos plantios oriundos de material genético fornecido pela Embrapa, é conseguido o rendimento de 20% de óleo em peso, do total de cachos que entram na moega, com produtividade de 5 mil kg de óleo por hectare/ano.

Para o trabalho com motores veiculares, a Embrapa criou junto com a Netzsch do Brasil, protótipo de separador de fases do óleo de dendê, que tem como base de funcionamento a filtragem e prensagem a frio. A 1ª fase (oleína), que é o filtrado, além de ser utilizada como combustível em motores veiculares, poderá também ser utilizada como óleo comestível. A 2ª fase (estearina) poderá ser aplicada como combustível em motores

estacionários, e na fabricação de produtos industriais como sabão em barra.

O Procedimento abaixo mostra a marcha para resfriamento do óleo para sua separação em oleína e estearina utilizando-se o separador de fases.

Marcha de resfriamento do óleo de dendê para fracionamento em oleína e estearina:

- 1ª) Aquecimento do óleo à 65 °C;
- 2ª) Resfriamento com água à temperatura ambiente de 65-38 °C por 2 h com pás à 9 rpm;
- 3ª) ainda com água à temperatura ambiente resfriar de 38-28 °C por 2 h à 9 rpm;
- 4ª) de 28-26 °C por 1 h à 9 rpm;
- 5ª) de 26-24 °C por 1 h à 9 rpm;
- 6ª) de 24-22 °C por 1 h à 9 rpm;
- 7ª) de 22-20 °C por 1 h à 9 rpm;
- 8ª) de 20-19 °C por 1 h à 9 rpm;
- 9ª) de 19-17 °C por 2 h à 9 rpm;
- 10ª) manutenção a 17 °C por 2 h à 9 rpm.
- 11ª) passagem pelo separador de fases à pressão de 3 bar na bomba de alimentação e 6 bar na de pressurização do diafragma.

Fonte: Agropalma S. A.

ANÁLISES QUÍMICAS

As análises realizadas na Petrobrás seguiram a metodologia preconizada pela ASTM.

As análises de ésteres e pH foram realizadas de acordo com MORETTO & FETT, 1989.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No funcionamento do motor MWM foram obtidos bons resultados como diminuição da carbonização, quando foi aumentada a pressão nos bicos injetores, ocasionando limpeza e troca de filtros conforme manual de manutenção próprio para motor à diesel, o que é observado na Figura (1).

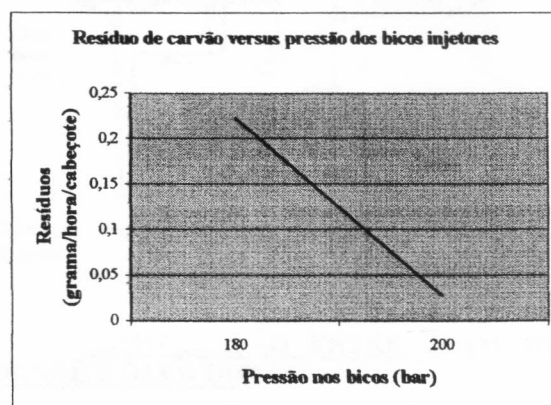


Figura (1) – Diminuição da carbonização: Resíduo de carbono versus pressão nos bicos injetores.

Com o aumento da pressão nos bicos, foi verificado ausência de ésteres no óleo lubrificante que estavam presentes quando a pressão era a normal para óleo diesel. Portanto o aumento da pressão resultou em melhor combustão do óleo de dendê. Figura (2).

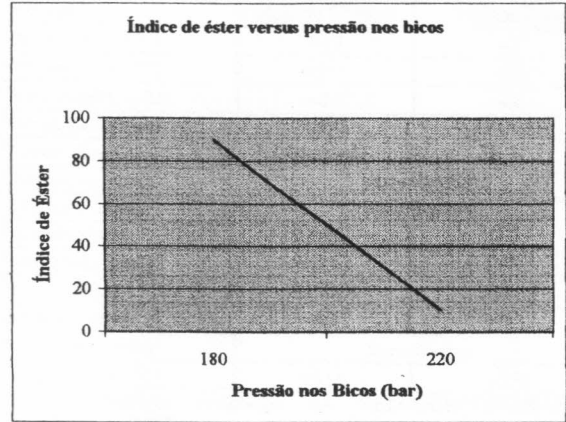


Figura (2) – Melhora da queima do óleo de dendê com o aumento da pressão nos bicos injetores.

Durante o período de desenvolvimento do projeto, este motor operou 4 mil horas gerando energia elétrica. Foi o mais longo período de funcionamento dentre os motores testados sendo que este foi o que apresentou melhores resultados.

Com o aumento da temperatura do óleo combustível, há a tendência de haver decréscimo no pH ou seja aumento da concentração hidrogeniônica. Assim, a 27°C, temos pH igual a 4,3. A 70°C o pH assume o nível de 3,8. Figura (3).

É de se esperar que nos bicos injetores, com o motor em funcionamento onde a temperatura atinge níveis bastante superiores, o pH sofra expressivo decréscimo, refletindo em desgaste acentuado dos bicos.

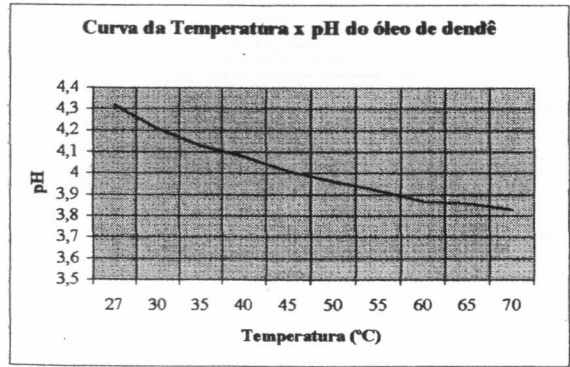


Figura (3) – pH do óleo de dendê versus temperatura.

A tabela (2) mostra os resultados obtidos de três processos testados para separação de oleína

e estearina, sendo o mais eficaz o processo C (prensagem e filtragem a frio). Este processo se baseia na diferença dos pontos de fusão dos quatro mais importantes ácidos graxos que constituem o óleo de dendê (98%). Os ácidos palmítico e esteárico são saturados tendo pontos de fusão acima de 62°C. Os ácidos oléico e linoléico são insaturados tendo pontos de fusão abaixo de 16,3°C. O resfriamento lento do óleo bruto atinge as moléculas dos saturados cristalizando-as. Quando exercida pressão sobre o óleo bruto no separador de fases na temperatura de 17°C, os insaturados permanecem livres e em forma líquida, passando pelo filtro, enquanto os saturados ficam retidos em forma de cristais.

Tabela (2) – Comparação entre Processos de Fracionamento Físico do Óleo de Dendê

Legenda: - Oleína ou Estearina separadas por: A – decantação; B – centrifugação; C – prensagem e filtragem a frio.

Ác. Graxo	Oleína (%)			Estearina (%)			Pto fusão (°C)
	Processos de Fracionamento						
	A	B	C	A	B	C	
Palmitico	36,33	37,35	39,5	37,20	48,85	59,53	62,90
Esteárico	4,89	4,92	4,40	4,96	5,75	5,00	70,10
Oléico	46,60	45,15	41,9	45,64	35,38	26,30	16,30
Linoleico	10,87	10,93	11,8	10,55	8,00	6,50	5,00

Fontes: - Embrapa-CPAA, Embrapa-CTAA, Agropalma e (MORETTO & FETT, 1989).

Na Figura (4) é apresentado o esquema do processo do separador de fases do óleo de dendê, protótipo desenvolvido entre Embrapa-Netsch.

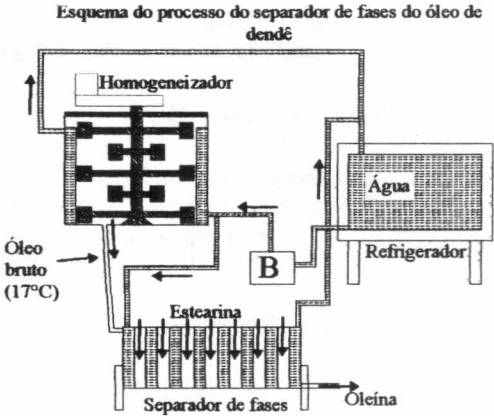


Figura (4) – Separação de oleína e estearina através de separador de fases.

COMPARAÇÃO ENTRE ÓLEO DE DENDÊ E ÓLEO DIESEL

Análises realizadas na Reman- Petrobras. são expostas na Tabela (3) onde são comparados os 2 óleos. Importante observar que o dendê possui aproximadamente 11 vezes menos enxofre

(responsável pela chuva ácida) do que o máximo permitido no óleo diesel pela ASTM (Associação de Padronização de Medidas Técnicas).

Tabela (3) – Comparação entre óleo de dendê e óleo diesel.

Características	Dendê	Diesel
Tipo de fonte	Renovável	Fóssil
Custo da extração	Menor	Maior
Utilização	Mais de 50 prod.	Combustível
*Pto de névoa (°C)	≈17	≈2
*Pto de fulgor (°C)	≈254	≈60
*Visc. A 60°C (cSt)	≈20	≈2
*Resid. De C (%m)	0,39	0,25 (máx.)
*Corros. lâm. Cu	1 (normal)	≥ 1
*Período de armazen.	Semelhantes	
Cons. mot. Diesel	Semelhantes	
*Enxofre (%m)	0,045	0,5
*Densidade (g/ml)	0,91	0,88
*PC (kCal/kg)	10.715	10.840
Índice de cetano	≈40	≈45
Part. e func. Motor	Semelhantes	
Temp. ignição (°C)	≈315	≈338

*Fonte: Análises realizadas na REMAN/PETROBRAS, metodologia ASTM.

CRESCIMENTO DA COMUNIDADE

A Comunidade Boa União, onde foi instalado o grupo-gerador MWM D 225-4 adaptado para consumir óleo de dendê, possuía no início do projeto, 21 casas, sendo 2 em construção. Após 1 ano de funcionamento do grupo a comunidade já estava com mais de 50 casas. Em maio/2000 existiam no local mais de 70 casas, com aproximadamente 350 habitantes. Este crescimento está acontecendo espontaneamente, sem a devida atenção de organismos que deveriam estar presentes se antecipando aos possíveis resultados sócioeconômicos negativos, causados por população despreparada para seu próprio desenvolvimento. Figuras (5) e (6).



Figura (5) – Comunidade no início do projeto.



Figura (6) – Comunidade em maio de 2000.

CONCLUSÕES

- 1- O óleo de dendê é um excelente substituto para o diesel.
- 2- O acúmulo de resíduos de carbono na descarga do motor MWM utilizando óleo de dendê como combustível, foi sensivelmente diminuído com aumento da pressão dos bicos injetores.
- 3- O motor DMS, tecnologia ELSBET, apresentou performance inadequada quando em trabalho com óleo de dendê bruto.
- 4- É possível haver separação de fases do óleo de dendê, aplicando-se o princípio de diferenças de ponto de fusão entre seus componentes.
- 5- A presença de organismos que ajudem no desenvolvimento sócio econômico da comunidade Boa União, será de fundamental importância para seu crescimento harmônico.

PALAVRAS CHAVES

Óleo de dendê, Óleo de palma; óleo vegetal, auto-sustentável, Amazônia, combustível.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio técnico da Reman-Petrobras, Embrapa-CTAA e CEPEL-Eletróbrás, bem como o apoio financeiro do PTU-CNPq e SUDAM.

REFERÊNCIAS

[1] ALLINGER, N. L.; CAVA, M. P.; JONGH, D. C. de; JOHNSON, C. R.; LEBEL, N. A.; STEVENS, C. L.; *Química orgânica*; 2ª edição; Editora Guanabara; Rio de Janeiro; 1978; 23-174 p.

[2] ANP; *Anuário Estatístico da Agência Nacional do Petróleo: 1990 – 1998*; Rio de Janeiro; 1999.

[3] BANDEL, W.; HEINRICH, W.; *Les carburants dérivés des huiles végétales et les difficultés relatives à leur utilisation dans les*

moteurs diesel; Oléagineux; Vol. 38; Num. 07; Applied Science Publishers Ltd.; England; Juillet; 1983.

[4] BARCELOS, E.; **Dendecultura no Brasil – Diagnóstico**; In: X Conferência Internacional de Palma Eceiteira, 24-29 maio; Santa Marta; Colômbia; 1993.

[5] BARCELOS, E.; AMBLARD, P.; **Oil palm breeding program at Embrapa / Brasil**; Embrapa – CPAA; Manaus; 1992.

[6] BARCELOS, E.; CHAILLARD, H.; NUNES, C. D. M.; MACÊDO, J. L. V.; RODRIGUES, M. do R. L.; CUNHA, R. N. V. da; TAVARES, A. M.; DANTAS, J. C. R.; BORGES, R. de S.; SANTOS, W. C. dos; **A cultura do dendê**; Coleção Plantar, 32; Embrapa-CPAA; Embrapa-SPI; Brasília; 1995; 68 p.

[7] BASIRON, Y.; DARUS, A.; **The oil palm industry – from pollution to zero waste**; In: 1st Global 500 Forum International Conference, 17-20 October, Kuala Lumpur; Malaysia; 1995; Kuala Lumpur; 1996; 141-165 p.

[8] DOMSCHKE, A. G.; GARCIA, O.; **Motores de combustão interna**; Vol. 1; Editora da Escola Politécnica da USP; São Paulo; 1968; 42-231 p.

[9] HARTLEY, C. W. S.; **The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)**; 2^o edition; Tropical Agriculture Series; Longman Group UK Limited; New York; 1988; 692-780 p.

[10] IBP; **Curso de informação sobre combustíveis e combustão**; IBP; Rio de Janeiro; 1982; 442 p.

[11] MENEZES, J. A. de S.; **Terceiro ciclo industrial no Amazonas: contribuições do óleo de dendê como insumo energético (biodiesel e oleoquímico)**; Governo do Estado do Amazonas; Manaus; 1995; 226p.

[12] MORETTO, E.; FETT, R.; **Óleos e gorduras vegetais – processamento e análises**; 2^o edição; Editora da UFSC; Florianópolis; 1989; 179p.

[13] NOIRET, J. M.; WUIDART, W.; **Possibilities for improving the fatty acid composition of palm oil – results and prospects**; In: International Developments in Palm Oil, 14-17 June, Kuala Lumpur; Malaysia; 1976; Kuala Lumpur; 1977; 39-57 p.

[14] ZYLBERSTAJN, D.; COELHO, S. T.; IENO, G. O.; **Potencial de geração de eletricidade na Amazônia a partir de resíduos agrícolas**; Instituto de Eletrotécnica e Energia; Universidade de São Paulo; 1996.

Procedimento de resfriamento do óleo de dendê para fracionamento em oleína e estearina:

(Método utilizado pela Agropalma S. A.)

- 1º) Aquecer o óleo à 65 °C;
- 2º) Resfriar com água à temperatura ambiente de 65-38 °C por 2 h com pás à 15 rpm;
- 3º) ainda com água à temperatura ambiente resfriar de 38-28 °C por 2 h à 15 rpm;
- 4º) de 28-26 °C por 1 h à 15 rpm;
- 5º) de 26-24 °C por 1 h à 15 rpm;
- 6º) de 24-22 °C por 1 h à 15 rpm;
- 7º) de 22-20 °C por 1 h à 15/9 rpm;
- 8º) de 20-19 °C por 1 h à 15/9 rpm;
- 9º) de 19-17 °C por 2 h à 15/9 rpm;
- 10º) manter à 17 °C por 2 h à 15/9 rpm.
- 11º) passar pelo separador de fases à pressão de alimentação de 3 bar e depois acionar a pressão de pressurização até 6 bar no diafragma.

Obs.: As pás devem ser posicionadas helicoidalmente para melhor eficiência da homogeneização da temperatura do óleo bruto.

Esquema do processo do separador de fases do óleo de dendê

