

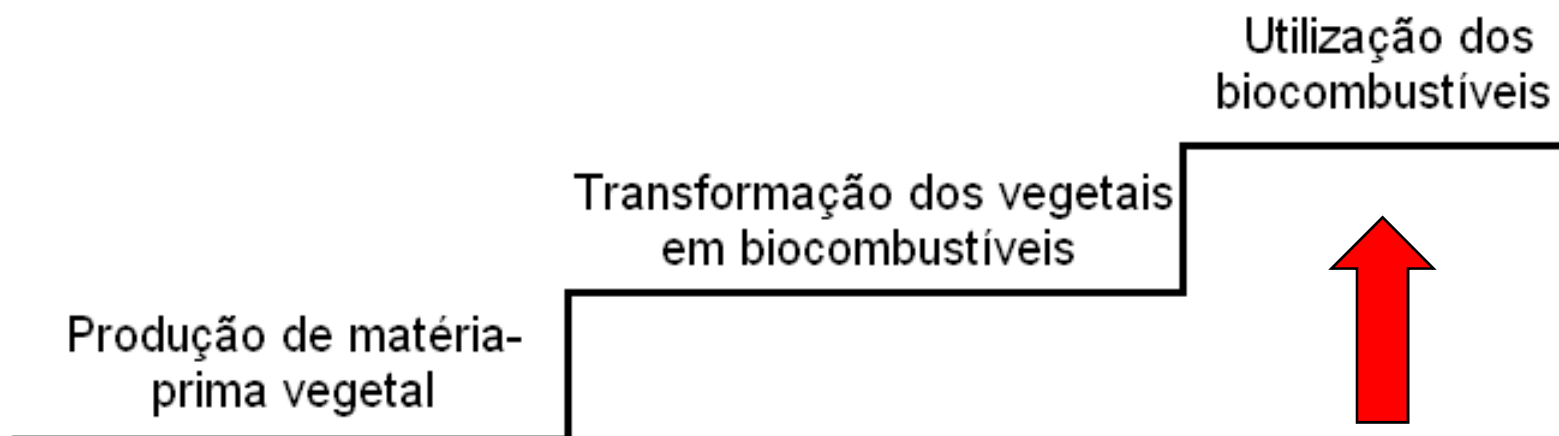


AGROENERGIA: DO SOLO À RODA

Márcio Turra de Ávila
Pesquisador - Agroenergia



CADEIA AGROENERGÉTICA (ETAPAS)





SUSTENTABILIDADE

ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV)

- A) BALANÇO DE ENERGIA;
- B) EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA
(CO_{2eq} – dióxido de carbono equivalente);
- C) MUDANÇA DO USO DA TERRA.



PALAVRA DE ORDEM NA CADEIA AGROENERGÉTICA:

INTEGRAÇÃO

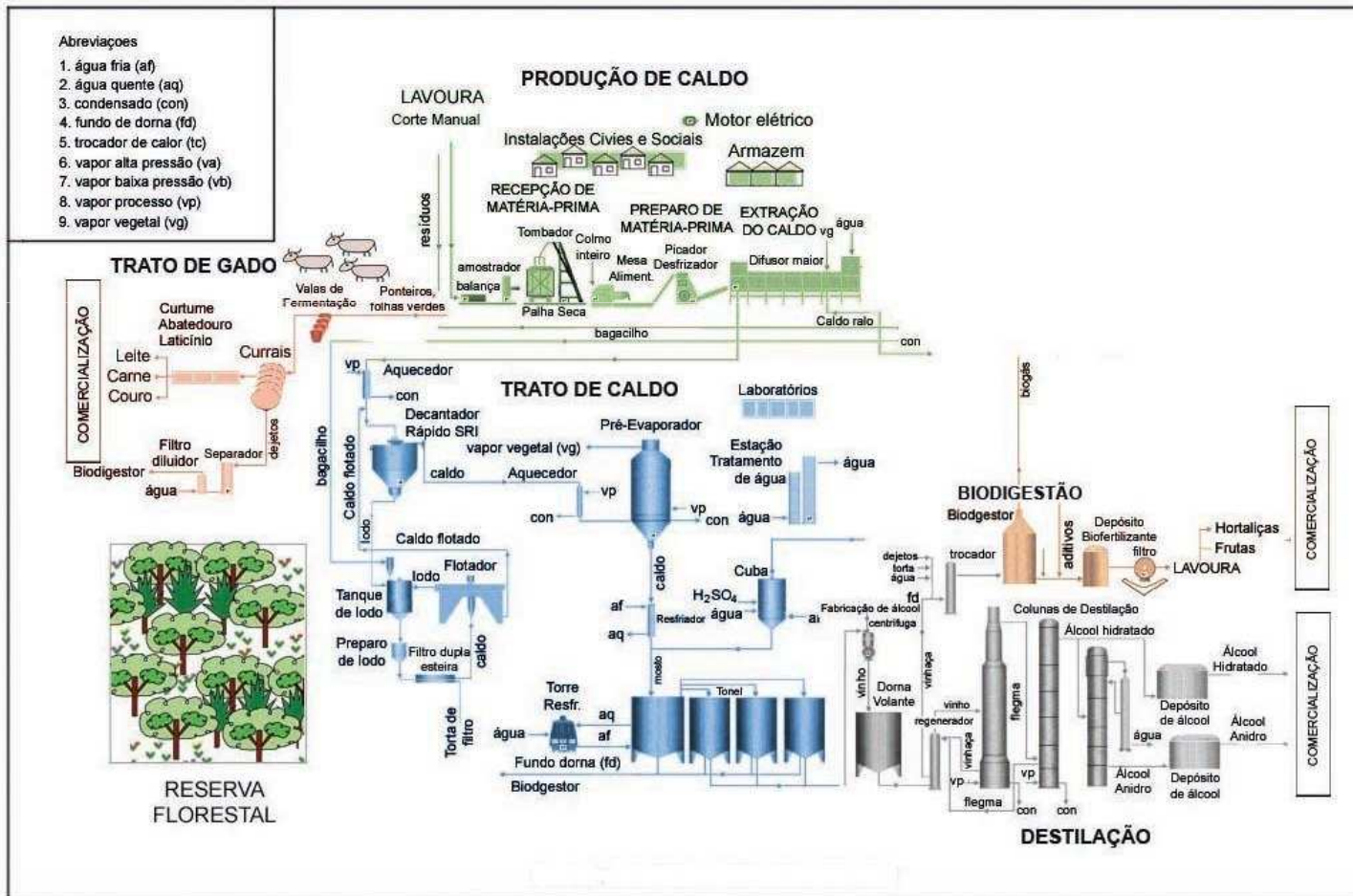


Figura 1: fluxograma/GERIPA (Lombardi et al., 2006)



GERIPA – geração de energia renovável integrada à produção de alimentos (evolução das MUAIs – miniusinas de álcool integradas)

- a) cana-de-açúcar e sorgo sacarino;**
- b) produção de etanol (anidro e hidratado);**
- c) biodigestão da vinhaça: biogás e biofertilizante;**
- d) ponteiros, folhas verdes e grãos – trato do gado (carne, leite e couro);**
- e) hortaliças e frutas (biofertilizante e dióxido de carbono);**
- f) reserva florestal (APP).**



- **Produção de etanol**: em média, 85 litros/tonelada de cana-de-açúcar e 80 toneladas de cana/hectare
- a) **vinhaça**: fertirrigação do canavial (alta concentração de potássio);
- b) **bagaço**: excelente fonte de energia para todo o processo;
- c) **bagaço hidrolisado e levedura seca**: energia e proteína para alimentação do gado;
- d) **dióxido de carbono**: matéria-prima para produção de bicarbonato de sódio (indústria alimentícia)
- e) **a experiência com o programa serve de base para PNPB.**



- **Produção de biodiesel: 2,7 bilhões de litros em 2011 (80% - óleo de soja)**
 - a) preferência: rota metílica (CH_3OH);
 - b) etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$): apesar de renovável, dificulta o processo;
 - c) glicerina: um problema, pois há grandes excedentes;
 - d) emprego da glicerina: exige purificação (Braskem/Quattor - polipropileno; projeto Embrapa Soja - aditivo);
 - e) catalisadores: homogêneos ou heterogêneos.

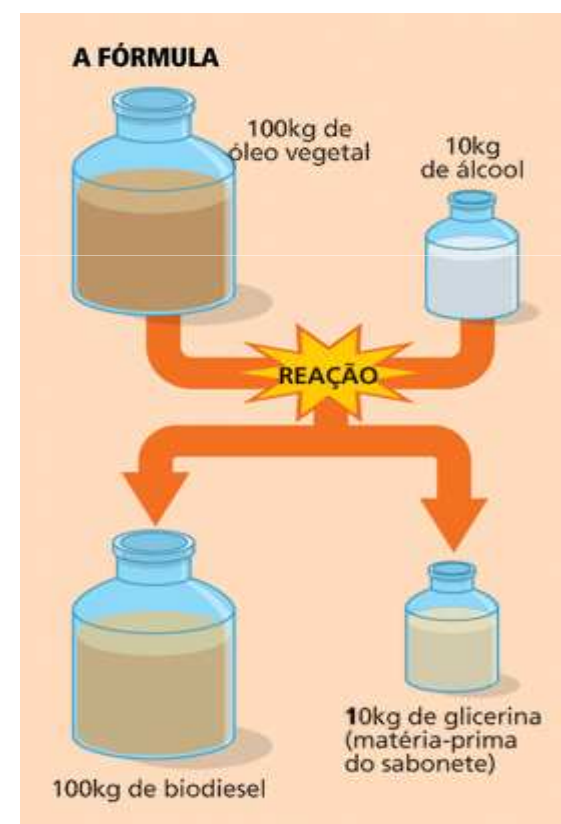


Figura 2: transesterificação



INTEGRAÇÃO
AGROINDUSTRIAL
CANA-DE-LENDE



COMO REALIZAR TAL INTEGRAÇÃO SE:

- **O zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar não abrange os estados que se localizam na área tropical úmida do País (Região Norte);**
- **O dendê é uma cultura tradicionalmente desenvolvida nas regiões de baixas latitudes.**



1ª ETAPA DA RESPOSTA:

- PESQUISA COM DENDÊ IRRIGADO
- EMBRAPA CERRADOS – Planaltina/DF



Figura 3: mudas recém-plantadas



Figura 4: palmeiras em desenvolvimento



Figura 5: porte das árvores
(entre 3 e 4 anos)



Figura 6: primeira formação dos
cachos



DETALHES ESPECÍFICOS DO EXPERIMENTO:

- a) altitude de cerca de 1000 m; temperaturas noturnas de inverno em torno de 10°C ou menos;**
- b) na seca: irrigação por microaspersão (166L/planta a cada 3 dias);**
- c) estima-se produtividade próxima a 30 t cff/ha (25 t cff/ha)*;**
- d) fração de óleo nos cachos: acima de 25% (20 a 22%)*;**
- e) composição do óleo: maior porcentagem de ácidos graxos polinsaturados.**

*** IBGE (Pará – média de 18 t cff/ha).**



2ª ETAPA DA RESPOSTA:

- **ESTUDO DE UM MODELO INTEGRADO CANA-DENDÊ PARA O CERRADO (EMBRAPA SOJA – Londrina/PR)**
- **MESTRADO NA USP - SÃO CARLOS**
 - ➔ Produção integrada de biocombustíveis: uma proposta para reduzir o consumo de combustível fóssil no ciclo de vida do etanol de cana-de-açúcar (Simone Pereira de Souza – EESC/USP – 2010)

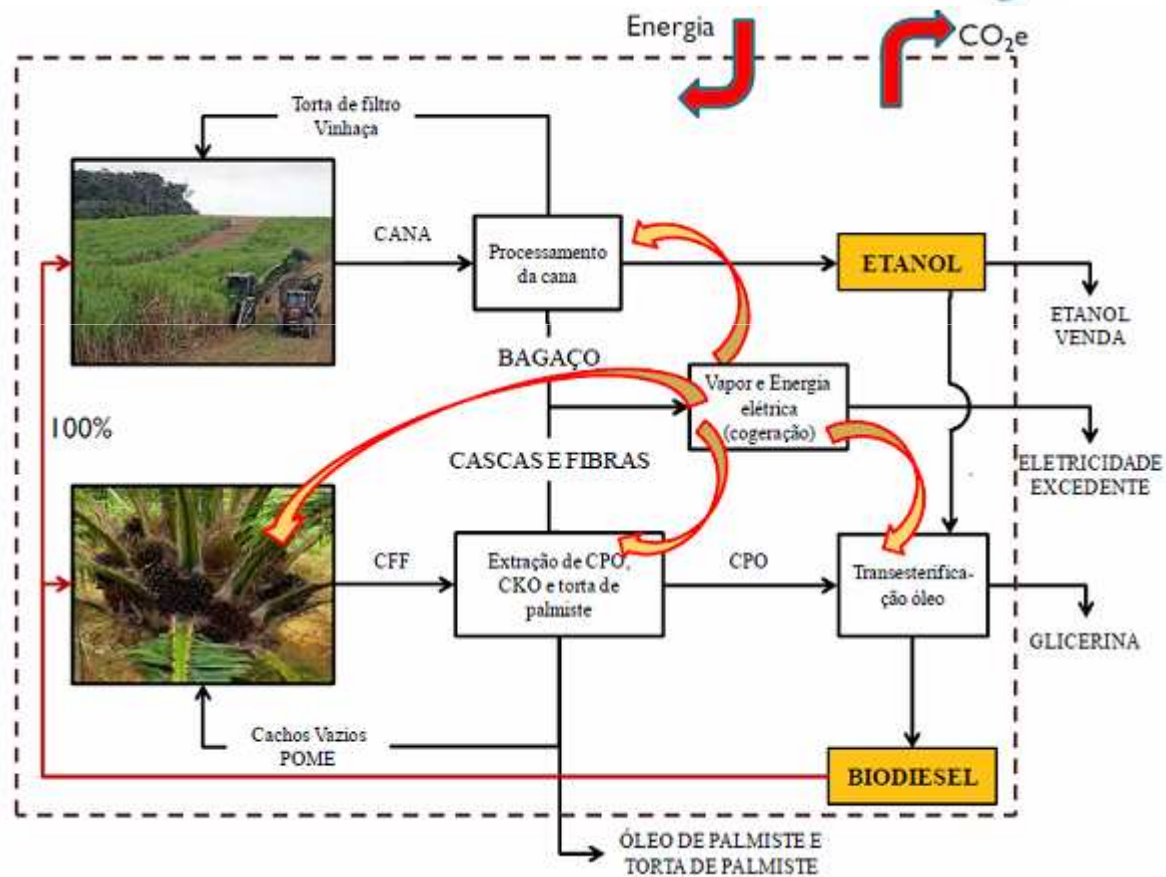


Figura 7: fluxograma representativo do sistema integrado de etanol de cana-de-açúcar e biodiesel de dendê (SOUZA, S. P., 2010)



PRINCIPAIS CONCLUSÕES DO MODELO:

- a) aumento de 164% no balanço energético;**
- b) 24% de redução nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), podendo chegar a 91%, dependendo do tipo de caldeira utilizada;**
- c) análise de mudança no uso do solo:**
 - 10 anos para cerradão;**
 - 5 anos para cerrado;**
 - - 5 anos para pastagens degradadas;**
- d) área necessária de dendê para total substituição do diesel usado na etapa agrícola: 12% da área plantada com cana-de-açúcar.**



SITUAÇÃO ATUAL:

- **No estado de São Paulo:**

- a) experimentos (cerca de 3 hectares): Ilha Solteira e Jaboticabal (UNESP); Pindorama e Vale do Ribeira (APTA); outro local a ser definido;

- b) testes em condições de irrigação (vinhaça/potássio) e de sequeiro;

- c) busca de parceria com o setor industrial (esmagadoras e indústrias de biodiesel) para facilitar futura implantação do modelo.

- **No estado do Paraná:**

- a) discussões técnicas com a BIOPAR (Rolândia)



FUNDAMENTAL:

**ABREM-SE AS POSSIBILIDADES PARA A
IMPLANTAÇÃO DO CONCEITO DE**

BIORREFINARIAS



UTILIZAÇÃO DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

Motores Diesel de Injeção Direta

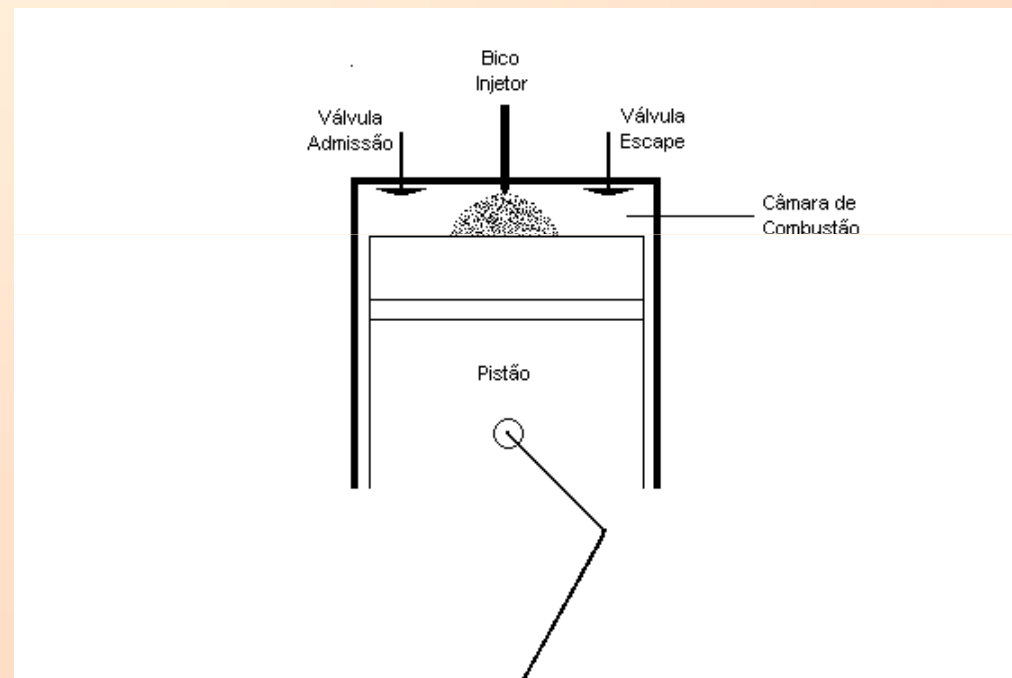


Figura 8: esquema do sistema de injeção direta



*Processo de Formação da Mistura
Ar/Combustível em Motores Diesel*



Observação:
para um motor a 2000
rpm, o tempo
disponível para a
vaporização do
combustível deve ser
menor que 0,010 de
segundo

Figura 9: bico injetor e combustível pulverizado



*Experimentos com Diferentes
Combustíveis para Motores
do Ciclo Diesel*



1 - ÓLEO VEGETAL

Emprego de Óleo Bruto de Girassol como Combustível em um Motor MWM 229-3 – Injeção Direta (Maziero/IAC – 2006):

- a) perda da potência em relação ao uso do óleo diesel (7% menor);**
- b) acúmulo de carvão nos bicos injetores, pistões e cabeçote;**
- c) deterioração do óleo lubrificante;**
- d) danos ao motor com pouquíssimo tempo de uso (63 horas).**



Figura 10: topo do pistão



Foto: Maziero/IAC - 2006

Figura 11: bico injetor



Figura 12: vista inferior do motor aberto



Figura 13: tampa do cárter

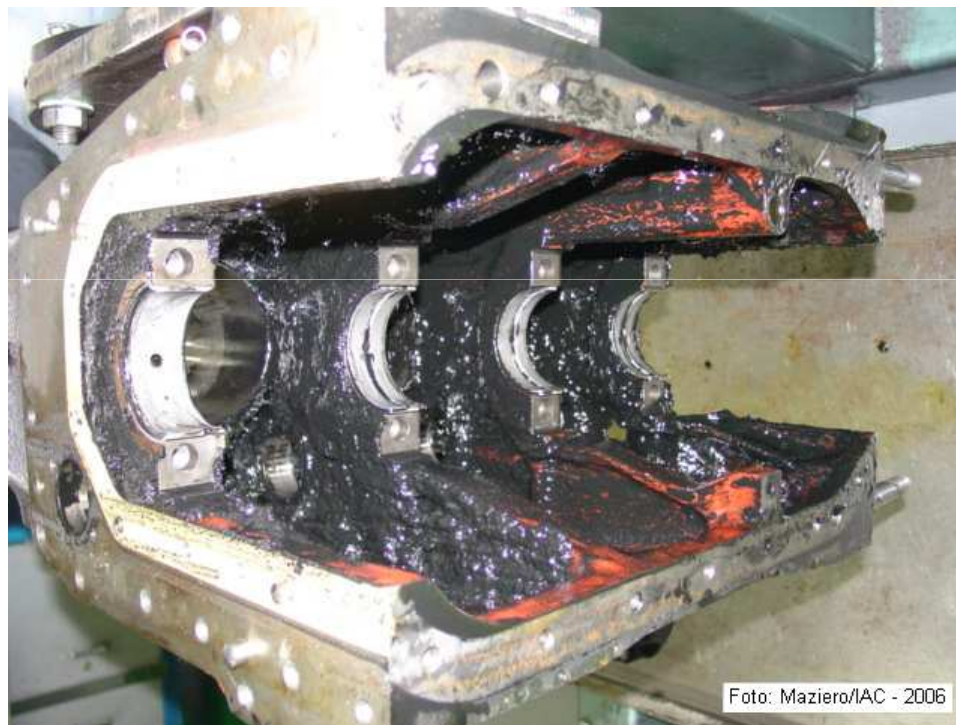


Figura 14: bloco desmontado



Figura 15: peças móveis



Figura 16: capa de biela



Foto: Maziero/IAC - 2006

Figura 17: pescador de óleo lubrificante



Tabela 1: alguns combustíveis para ciclo Diesel

Características	Tipo de Óleo		
	Girassol	Biodiesel-Girassol	Diesel
Poder Calorífico [kcal/kg]	9433	9552	10950
Ponto de Névoa [°C]	-6,6	3	0
Número de Cetano	33	47-51	40
Densidade a 25°C [g/cm ³]	0,9235	0,8912	0,8497
Viscosidade a 37,8°C [mm ² /s]	35,0	4,2	2,0-4,3

Fonte: Maziero/IAC - 2006



Os óleos vegetais puros, quando empregados nos motores, apresentam os seguintes inconvenientes (VILLANO & PENIDO F^o, 1983; FALCON et al., 1983; RAMOS et al., 2003; SCHLAUTMAN et al., 1986; NIEHAUS et al., 1986; ISHII & TAKEUCHI, 1987; SCHLICK et al., 1988):

- **alta viscosidade;**
- facilidade de oxidação;
- formação de resíduos na câmara de combustão;
- necessidade de pré-aquecimentos;
- alto índice de odor;
- ausência de volatilidade;
- redução na potência do motor;
- aumento do consumo;
- dificuldade de partida a frio;
- características amplamente variantes com o tipo de vegetal oleaginoso.



CONCLUSÕES

- a) em função da sua maior viscosidade, os óleos vegetais oferecem dificuldades consideráveis ao processo de combustão nos motores Diesel de uso corrente;**
- b) uma das possibilidades de eliminação do problema diz respeito ao uso de diversas misturas de menor viscosidade;**
- c) outra potencial alternativa é o aquecimento do óleo vegetal combustível, o que atenua a viscosidade do mesmo.**



2 - MISTURAS TERNÁRIAS RENOVÁVEIS



- Etanol – biodiesel – diesel (KWANCHAREON et al., 2006; FERNANDO & HANNA, 2006; CHEN et al., 2008).

Por que não utilizar apenas combustíveis renováveis?



PARCERIA EMBRAPA/UNAERP/UDEL:
uso de misturas com componentes renováveis!



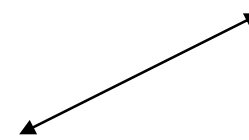
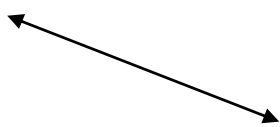
Figura 18: óleo de soja



Figura 19: biodiesel de soja



Figura 20: etanol de cana





- Etanol : substância polar
- Óleo vegetal: substância apolar

Como misturá-los?

- Uso do biodiesel, agente cossolvente, com característica de dupla solubilidade



COMBUSTÍVEIS TESTADOS NO EXPERIMENTO (desempenho, emissões e durabilidade)

- Diesel de petróleo (B4);
- Mistura ternária: 50% biodiesel + 40% etanol anidro + 10% óleo vegetal (composição volumétrica).



Tabela 2: características físico-químicas das misturas

Óleo Vegetal [%]	Etanol [%]	Biodiesel [%]	Miscibilidade	Viscosidade Média [cSt]	Cetanagem Média	Poder Calorífico Médio [kJ/kg]
10	40	50	sim	2,6	32,0	34.373,0
40	10	50	sim	7,0	42,0	38.346,9
10	30	60	sim	3,0	36,7	35.707,4
20	20	60	sim	4,1	40,0	37.032,0
30	10	60	sim	5,9	43,4	38.356,6
10	20	70	sim	3,6	41,5	37.041,7
20	10	70	sim	5,0	44,9	38.366,3
10	10	80	sim	4,3	46,3	38.376,0
Diesel				2,0-4,3	40	45.880



EQUIPAMENTOS UTILIZADOS DURANTE O EXPERIMENTO

- Dois motores de ciclo Diesel de 6 HP (um para teste com óleo diesel; outro para a mistura)
- Um gerador de energia elétrica
- 18 Lâmpadas de 150 W

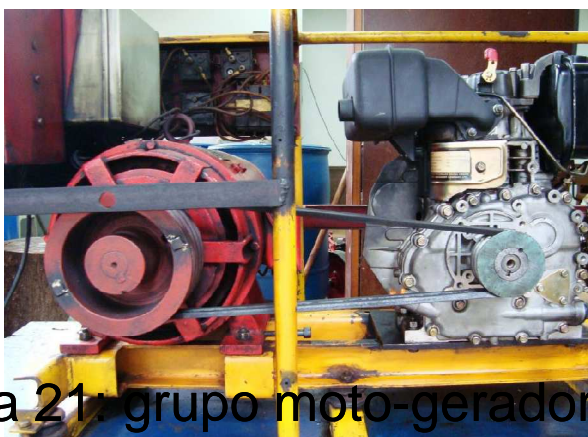


Figura 21: grupo moto-gerador

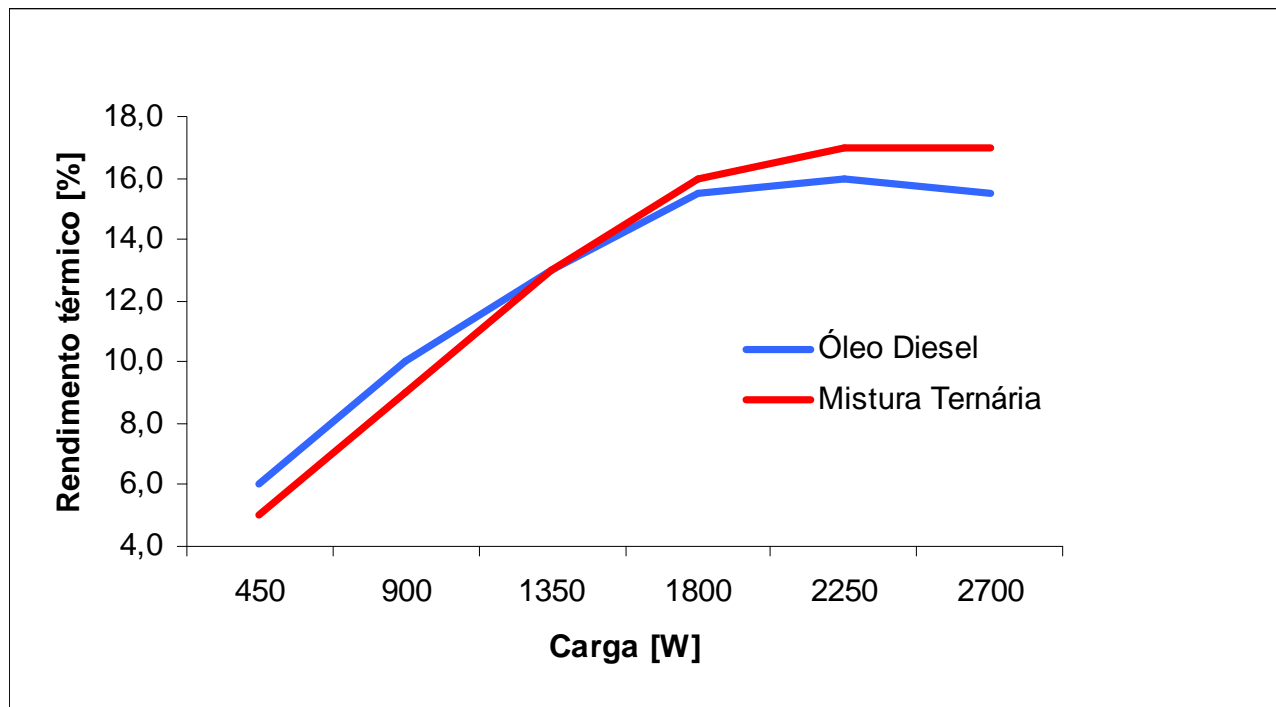


Figura 22: rendimento térmico em função da carga aplicada

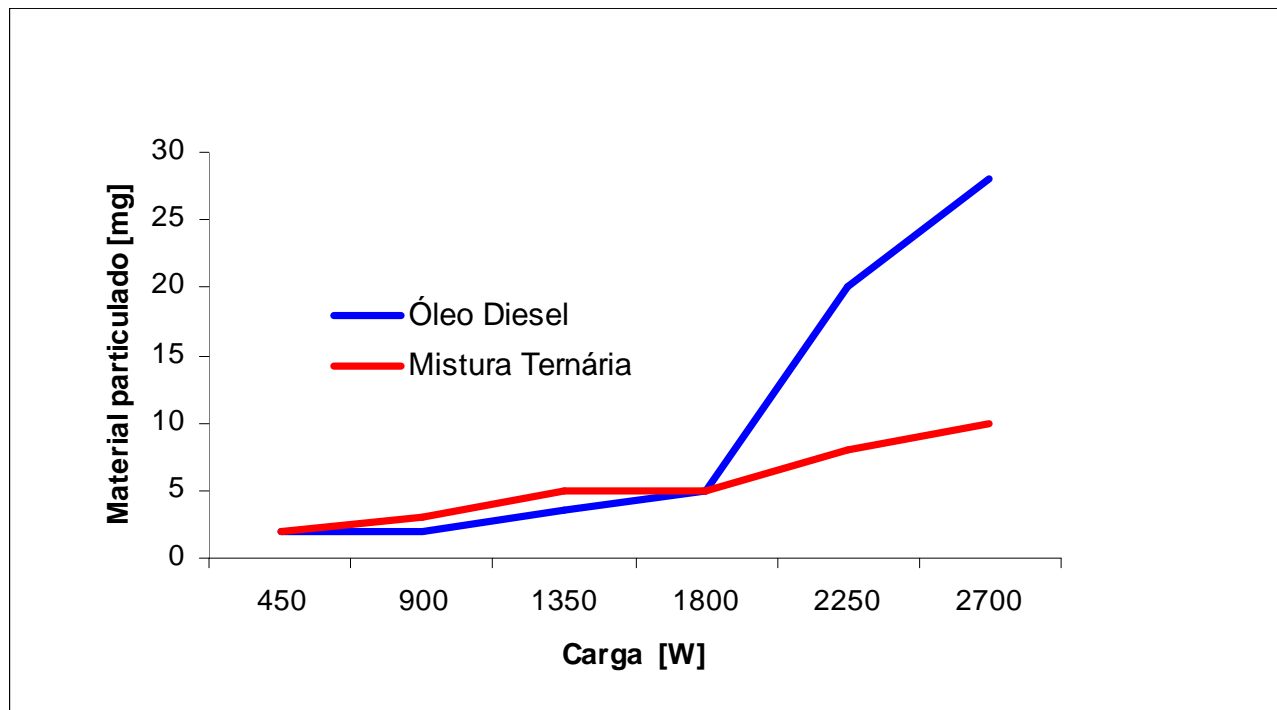


Figura 23: emissão de material particulado em função da carga aplicada



Figura 24: bico injetor do motor alimentado com óleo diesel



Figura 25: bico injetor do motor alimentado com mistura renovável



Figura 26: topo do pistão do motor alimentado com óleo diesel

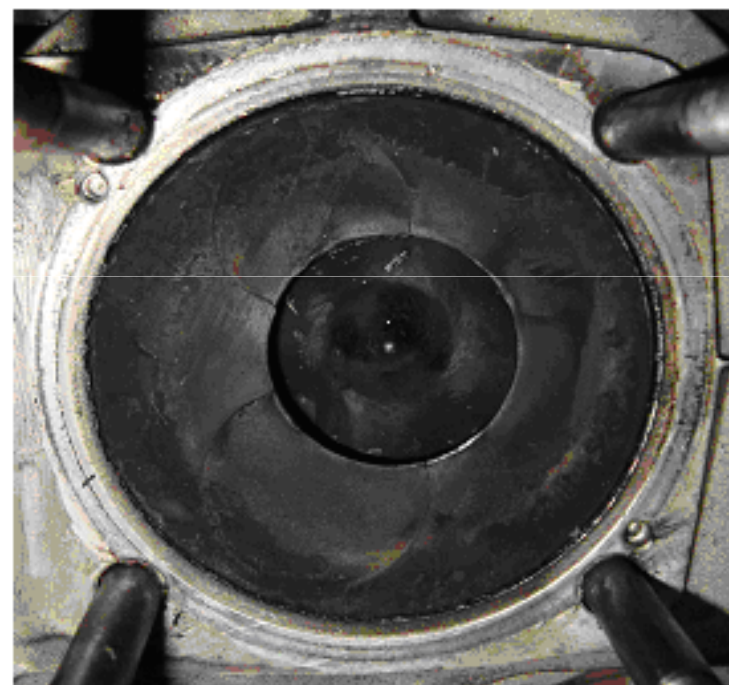


Figura 27: topo do pistão do motor alimentado com mistura ternária



CONCLUSÕES

O uso da mistura renovável (50 – 40 – 10) permitiu observar, em comparação à utilização do diesel de petróleo:

- a) funcionamento normal do motor (sem irregularidades);**
- b) rendimento térmico 10% maior;**
- c) emissão de material particulado cerca de 70% menor;**
- d) menor carbonização interna e menor desgaste.**



A tecnologia gerada:

- **poderá ser experimentada em vários veículos (teste de campo), para sólido embasamento técnico de forma a se propor nova composição do óleo diesel utilizado no Brasil;**
- **permite reduzir custos da atividade agropecuária, principalmente se a mistura for produzida em sistema de cooperativismo;**
- **foi patenteada em nome das instituições que compõem a parceria.**



OUTRAS POSSIBILIDADES



3 - USO DE ETANOL EM MOTORES DE CICLO DIESEL

Testes de bancada (USP – São Carlos):

- **motor com dois tanques e dois sistemas independentes de injeção**
- **combustíveis: álcool etílico hidratado e diesel de petróleo**
- **substituição de até 60% do diesel por etanol**
- **funcionamento regular**
- **testes de durabilidade: 15 mil km (protótipo: camionete S10)**
- **controlador eletrônico: já desenvolvido**



4 – ÓLEO DE SOJA SUPERAQUECIDO

Pós-doutorado em andamento (USP – São Carlos):

- “know-how”: mestrado e doutorado
- motor de combustão interna: máquina térmica com grandes perdas de energia (irreversibilidades térmicas)
- aquecimento do óleo vegetal combustível por duas vias: água de arrefecimento e gases de escape
- resultado esperado: queima mais completa e menos resíduos



- 1 - Óleo vegetal, à temperatura e pressão ambientes, proveniente do reservatório (tanque)
- 2 - Óleo vegetal à pressão ambiente e levemente aquecido (cerca de 70/80°C)
- 3 - Óleo vegetal pressurizado e levemente aquecido (cerca de 70/80°C)
- 4 - Óleo vegetal pressurizado e bastante aquecido (cerca de 350/400°C), fluindo para o bico injetor
- 5 - Água de arrefecimento quente, proveniente do motor
- 6 - Água de arrefecimento levemente resfriada, fluindo para o radiador
- 7 - Gases de escape quentes, provenientes do motor
- 8 - Gases de escape levemente resfriados, fluindo para o sistema de escapamento

Figura 28: esquema do sistema de aquecimento de óleos vegetais para aplicação em motores Diesel





**Grato
por
sua
atenção!**

marcio@cnpso.embrapa.br

marcio.avila@embrapa.br