

Trabalho apresentado e publicado no *I Congresso Internacional de Bioenergia*, 18 a 21 de Outubro de 2004 em Campo Grande, MS

A utilização de óleo de palma “in natura” como combustível em grupos geradores a diesel.

The use of palm oil “in natura” as fuel for diesel generators.

Prof^a. Dr^a. Suani Teixeira Coelho – Secretária Executiva¹
M. Sc. Orlando Cristiano da Silva – Coordenador de Projeto¹
M. Sc. Sílvia Maria Stortini González Velázquez – Coordenadora Técnica¹
Maria Beatriz C.A. Monteiro - Geógrafa¹
Carlos Eduardo Grassi Silotto – Estagiário de Engenharia Mecânica¹

Resumo

Grande parte da ocupação humana da Região Amazônica é caracterizada por comunidades dispersas onde a eletrificação por rede de distribuição convencional é econômica e tecnicamente inviável.

Para o atendimento energético dessas comunidades são necessárias soluções compatíveis com as características locais e que possam promover o desenvolvimento, baseando-se no aproveitamento sustentável dos recursos e a inclusão de mão-de-obra local no processo de produção do combustível.

Estas foram as premissas que nortearam o Projeto PROVEGAM, o qual tem por objetivo, instalar e testar um motor diesel convencional, adaptado para operar com óleo de dendê in natura na comunidade Vila Soledade, no município de Moju, Estado do Pará.

O projeto PROVEGAM instalou na comunidade um grupo gerador adaptado com um kit de conversão que permite sua operação com óleo de dendê. A operação é iniciada e finalizada com óleo diesel a fim de aquecer o óleo vegetal e prevenir possíveis entupimentos causados pelo óleo de dendê.

Durante os testes com o gerador adaptado foram medidas as emissões e o desempenho na operação com óleo diesel a fim de compará-la com o óleo vegetal. Os resultados demonstram a viabilidade técnica do sistema, no entanto, alguns cuidados devem ser

tomados na utilização de óleo de dendê, assim como a recomendação deste sistema de geração de energia elétrica para outras comunidades da região amazônica.

Palavras-chave: óleo de palma, comunidades isoladas, motores diesel, kit de conversão, biocombustível.

Abstract

The most Amazon region territorial occupation is characterized by isolated communities, which makes the conventional electric distribution economically and technically impracticable.

To supply these communities with electric energy and solve this problem, it is necessary for them to produce their own fuel using local resources, in order to promote their development.

These are the premises that have guided the elaboration of PROVEGAM project, which has as objective the installation and performance testing of a conventional diesel engine, adapted to operate with palm oil “*in natura*” in the community of Vila Soledade, city of Moju, Pará State.

The PROVEGAM project installed a diesel generator adapted with a conversion kit to operate with “*in natura*” palm oil. The operation begins and finishes with diesel oil, in order to heat the palm oil and to clean possible residues.

During the diesel generator installation, diesel oil emissions and performance were compared with the palm oil. The results of this project show some maintenance instructions and the technical viability of this electric model, which is already recommended to be implemented in others Amazon regions communities.

Key words: palm oil, isolated communities, diesel engines, conversion kit, biofuel.

¹CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa.

1. INTRODUÇÃO

A região amazônica brasileira apresenta o mais baixo índice de eletrificação rural do país, reflexo do modelo tradicional de fornecimento de eletricidade adotado no Brasil, este baseado na geração de grandes blocos de energia conectados à rede de distribuição (Cenbio, 2001).

O modelo de eletrificação rural na Amazônia é composto predominantemente por sistemas isolados com diesel-geradores, solução esta que tem se revelado pouco satisfatória, na medida em que a aquisição e o transporte de óleo diesel para as localidades isoladas, assim como a manutenção dos equipamentos, tem um alto custo financeiro para o contexto da região. Como resultado, existem espalhados pelo interior da região amazônica, uma grande quantidade de grupos diesel-geradores desativados devido à falta de combustível e manutenção.

O suprimento de energia elétrica para comunidades isoladas é uma forma de proporcionar melhorias nas suas condições de vida, inserção social e exercício da cidadania. O suprimento energético feito a partir do aproveitamento dos recursos naturais locais proporciona a criação de empregos e a qualificação de mão-de-obra local, a fixação do homem ao campo e a valorização da biodiversidade local.

A dificuldade de suprimento de energia elétrica não permite que atividades econômicas organizadas e potencialmente geradoras de emprego e renda sobrevivam no interior da Amazônia.

As condições de isolamento e dispersão dessas comunidades impõem soluções específicas e individualizadas de suprimento energético baseadas na valorização de recursos naturais localmente disponíveis e devem levar em consideração as limitações tecnológicas existentes.

No âmbito da substituição do óleo diesel, os óleos vegetais “in natura” se apresentam como uma alternativa natural com potencial de produção que permite a geração de energia a custos comparáveis aos da geração por combustíveis fósseis.

A utilização do óleo vegetal “in natura” como combustível é indicado no caso das comunidades isoladas, onde as grandes usinas hidrelétricas ou a instalação de linhas de transmissão são impraticáveis. Assim, a utilização de óleos vegetais “in natura”, localmente produzidos, tornou-se uma alternativa na medida em que novas tecnologias permitiram sua viabilidade técnica.

O Brasil dispõe de uma enorme diversidade de plantas oleaginosas tanto nativas, como exóticas bem adaptadas, e de condições climáticas favoráveis para se tornar um grande produtor de combustíveis à base de óleos vegetais.

A maior motivação no passado foi à vulnerabilidade do suprimento seguro dos combustíveis líquidos no setor de transporte. Hoje, o óleo vegetal como combustível tornou-se o líder de todos os projetos não alimentícios (Silva, 1997) utilizando o solo para a produção de energia. Das vantagens ambientais no uso energético de óleos vegetais em motores, destacam-se a ausência de emissão de SO₂ (responsável pela chuva ácida), a recuperação de áreas degradadas pelo reflorestamento com espécies oleaginosas, a contenção da erosão e o balanço de carbono seqüestrado (Fonseca, 1981).

Hoje, entretanto, aspectos ambientais da produção local aliados à necessidade de eletrificação de comunidades isoladas, bem como a geração de empregos, permitindo a fixação do homem no campo, tornam-se os principais fatores que motivaram a elaboração desse projeto.

1.1 Utilização de Óleo de Dendê

Dentre as espécies cultiváveis na região amazônica, o dendê, “*Elaeis guineensis*”, espécie exótica de origem africana, perfeitamente adaptada às condições edafoclimáticas da Amazônia, apresenta a vantagem de possuir alta produtividade de óleo (3 a 5 toneladas de óleo por hectare) e de fornecer adicionalmente o óleo de palmiste (0,4 t/ha) e outros subprodutos aplicáveis como ração animal, adubos, etc.

Cada dendezeiro tem vida útil de 20 a 30 anos, fornecendo frutos para fabricação do óleo. Sendo pouco exigente em qualidade de solo, a cultura extensiva do dendê apresenta diversos benefícios como recuperação de solos degradados; a

facilidade de extração dos frutos, dominada pelos moradores dessas regiões; além de proporcionar o seqüestro de CO₂, possibilitando sua inserção no quadro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto.

A utilização de óleos vegetais “in natura” em diesel-geradores convencionais, no entanto, exige providências tecnológicas específicas, sob pena de inviabilizar a longevidade do motor e de onerar os custos de manutenção, por isso a implantação de uma unidade de testes que tem seus resultados apresentados neste trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Projeto PROVEGAM, *“Implantação e teste de uma unidade de demonstração de utilização energética de óleos vegetais”*, convênio FINEP/CT-ENERG 23.01.0646.00 é uma parceria entre o CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa, o BUN – Biomass Users Network do Brasil, a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, a Agropalma, a Prefeitura do município de Moju e a COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

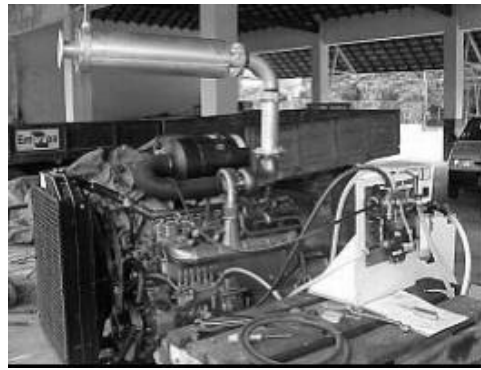
O local escolhido para a implantação do projeto foi a Vila Soledade, pertencente ao Município de Moju, no Estado do Pará. A comunidade Vila Soledade tem, aproximadamente, 700 habitantes e localiza-se a 140km da sede municipal por via terrestre, além de 30 minutos de barco.

2.1 Aspectos Técnicos do Projeto

O sistema responsável por gerar energia elétrica na Vila Soledade é composto por um motor diesel marca MWM, modelo TD229-EC6 de 6 cilindros em linha, 5.8 litros, com 137cv de potência em emergência, resfriado por radiador, possuindo o sistema de injeção mecânico BOSCH. O motor é acoplado a um gerador da marca WEG, trifásico, especial para cargas deformantes com regulador de tensão.

A primeira fase de testes do sistema foi realizada na Embrapa Belém (Figura 01) com o objetivo de avaliar preliminarmente a utilização do óleo de dendê.

Figura 01 - Grupo Gerador na Embrapa



Durante os testes na Embrapa foi instalado um kit conversor importado da Alemanha, da empresa Biocar. A finalidade deste kit conversor é permitir que o motor opere com óleo vegetal.

Foram monitoradas algumas variáveis tais como, rotação do motor, consumo de combustível, ar de admissão, gases de escape, óleo lubrificante, água de arrefecimento, além das emissões dos gases de exaustão e opacidade. Constatou-se que o kit alemão apresentou deficiência na admissão do óleo na bomba injetora na temperatura exigida para a queima, havendo perdas de calor em várias áreas do kit, principalmente na área do filtro e na área da resistência de entrada da bomba. Em pouco tempo verificou-se perda de potência do motor e entupimentos nas válvulas solenóides de controle e direcionamento de fluxo do sistema conversor.

Esses entupimentos devem-se ao fato do óleo de dendê apresentar duas fases distintas, uma a temperatura ambiente, mais sólida, estearina e outra líquida, a oleina, que obriga um bom e conveniente aquecimento do óleo no tanque de combustível, antes de ser admitido no motor. Quando submetido à temperatura ambiente o óleo tem viscosidade muito alta, aproximadamente 69cSt a 25°C, já quando submetido a temperaturas entre 85 e 90°C apresenta viscosidade próxima de 11cSt, que proporciona uma otimização do desempenho do motor operando com óleo de dendê.

Os valores de temperatura ajustados pelo kit alemão foram próximos de 65 °C, não sendo suficientes para diminuir a viscosidade do óleo vegetal a ponto de possibilitar o monitoramento do consumo de óleo de dendê, através do medidor de consumo de combustível. A viscosidade do óleo nestas condições provocou perda de carga no equipamento a ponto de causar restrição no fluxo de combustível e conseqüente perda de potência no motor. Mesmo com a utilização de óleo diesel no

início e término da operação diária do diesel-gerador, a fase mais densa do óleo de dendê se solidificava em determinados pontos.

Deve-se ressaltar que integrando o kit da Biocar, foi instalado um sistema de transferência de combustível com pré-filtragem do óleo vegetal, bem como um tanque de pré-aquecimento por intermédio da água de resfriamento do motor complementado também por resistência elétrica (2x1500w), sendo ainda instalado um filtro tipo “Y” com a finalidade de prevenir entupimentos, à montante do filtro de 25 microns da Biocar. Todos esses dispositivos, no entanto, não evitaram os constantes entupimentos com conseqüentes perdas de potência e paradas do diesel-gerador.

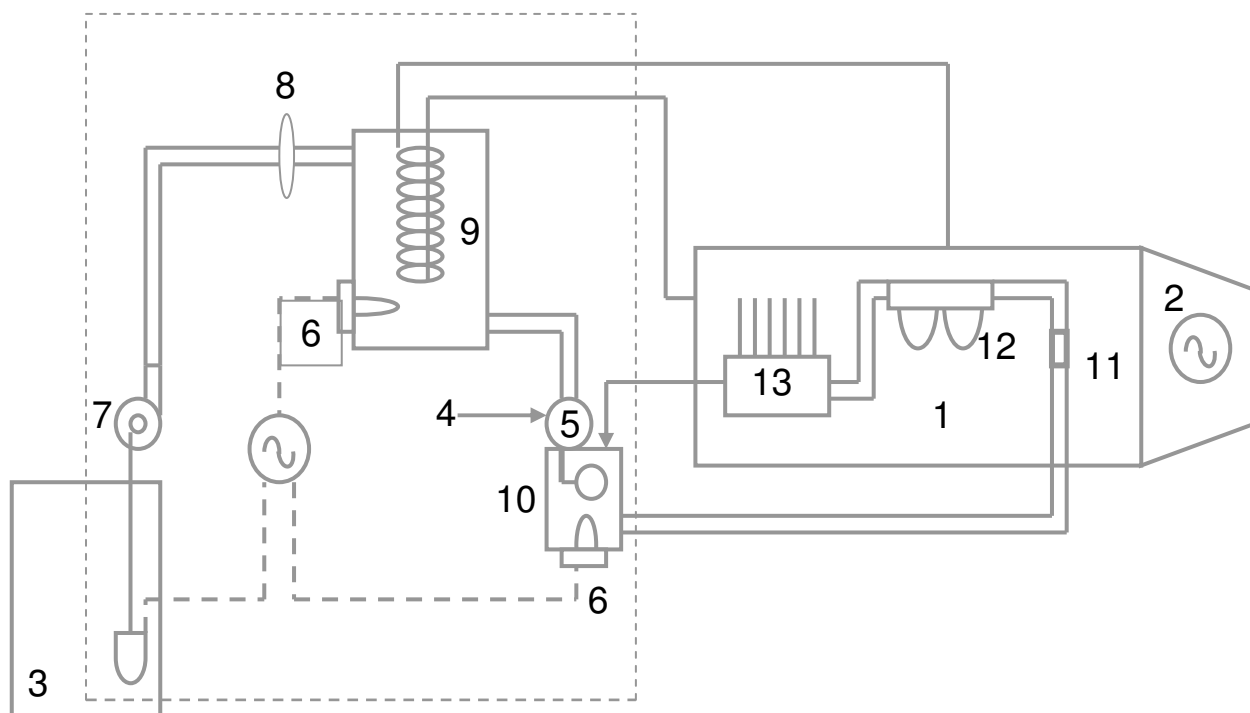
Assim sendo, decidiu-se pelo desenvolvimento de um dispositivo (kit) apropriado para permitir o uso do óleo de dendê no diesel-gerador. A tarefa do projeto e construção do equipamento foi atribuída ao Laboratório de Máquinas Térmicas da COPPE/UFRJ, cujo funcionamento é descrito a seguir: inicialmente aquece-se o óleo de dendê a temperaturas em torno de 60^o C no tambor para que o mesmo possa ser convenientemente aspirado e pressurizado pela bomba, sendo filtrado pelo filtro, antes de ser admitido no tanque de pré-aquecimento. Este tanque possui uma serpentina na qual circula a água de resfriamento do motor, trocando calor e aquecendo o óleo de dendê a aproximadamente 75^o C. Existe também a opção do óleo ser aquecido neste tanque por intermédio da resistência elétrica, no início do funcionamento do diesel-gerador.

O óleo de dendê, após passar pela válvula de 3 vias é admitido no tanque de conversão, onde deve ser aquecido até a temperatura indicada para uma boa combustão ao ser admitido no motor (85°C).

Durante a operação, a temperatura do óleo de dendê na saída do tanque de pré-aquecimento foi mantida entre 70 e 75^o C. Esquematicamente, o kit é descrito abaixo na figura 02:

Figura 02 - Fluxograma do Kit de conversão de Motor Diesel para Óleo Vegetal

Fonte: LMT, 2003



- 1- Motor Diesel
- 2- Gerador
- 9- Tanque de óleo de palma
- 10- Conexão do óleo diesel
- 11- Válvula de 3 vias
- 12- Pré-aquecedor

- 3- Bomba de transferência
- 4- Filtro de óleo de palma
- 5- Tanque de aquecimento
- 6- Resistência elétrica
- 7- Bomba manual
- 8- Filtro de combustível do motor.
- 13- Bomba injetora

Com o kit conversor adaptado, o diesel-gerador funcionou convenientemente com ótimo desempenho e potência, atendendo a todas as cargas a que foi submetido.

Após os testes do sistema na Embrapa, o mesmo foi encaminhado à comunidade Vila Soledade (Figura 03). Lá foi entregue e permaneceu em testes, sendo efetuada troca do óleo lubrificante com 200 horas de funcionamento e retirada uma amostra enviada para análise, cujo resultado apresentou ainda características aceitáveis para permanecer em uso. Outras análises do óleo lubrificante ainda serão realizadas por empresas especializadas no assunto para um futuro parecer se há ou não contaminação do óleo lubrificante pelo óleo vegetal. Análises de ferrografia, análises espectrométricas, viscosidade do óleo lubrificante e contaminação serão apresentadas ao final do projeto por meio de diversas amostras analisadas.

Figura 03 – Vila Soledade
Fonte: CENBIO, 2003



Com 500 horas de funcionamento, os bicos injetores apresentaram formação de depósitos pouco acima do que apresentaria operando com óleo diesel, logo, foram substituídos. Já com 750 horas de funcionamento, a Labodiesel, uma empresa especialista em bicos e bombas injetoras, removeu os bicos injetores, cabeçotes do motor e bomba injetora (Figura 04). No recondicionamento da bomba injetora foram substituídos os elementos da bomba e as válvulas de retenção, todos com 750h de operação. Os demais componentes do Grupo Gerador estavam em perfeitas condições para continuar operando com óleo vegetal.

Figura 04 – Desmontagem do motor
Fonte: CENBIO, 2003



Os dados a respeito do sistema foram coletados diariamente pelo operador residente. Serão analisadas, pelo Laboratório de Máquinas Térmicas da COPPE as planilhas contendo as seguintes temperaturas: de admissão do óleo vegetal, dos gases de admissão e exaustão, óleo do cárter, além da pressão de admissão. Ao final do projeto serão apresentadas todas as modificações necessárias a serem feitas no motor e no kit de conversão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propostas de atendimento energético devem incluir, tanto quanto possível, as comunidades locais no processo de produção de energia, tornando-se instrumentos adicionais para a promoção do desenvolvimento regional, associando vantagens ambientais, econômicas e sociais à produção de combustíveis para a geração de eletricidade.

No aspecto socioeconômico, percebeu-se clara melhoria nas condições de vida da comunidade por meio da aquisição, pela maioria das famílias, de lâmpadas, eletrodomésticos e equipamentos eletromecânicos que hoje estão presentes em 80% das residências com energia elétrica da comunidade, como constatado nas figuras 05 e 06.

Figura 05 – Aumento do número de eletrodomésticos na comunidade

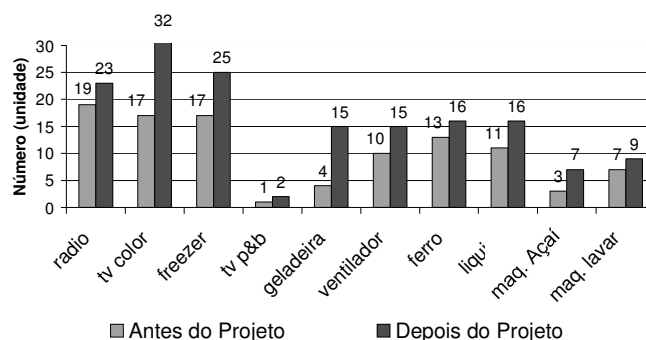
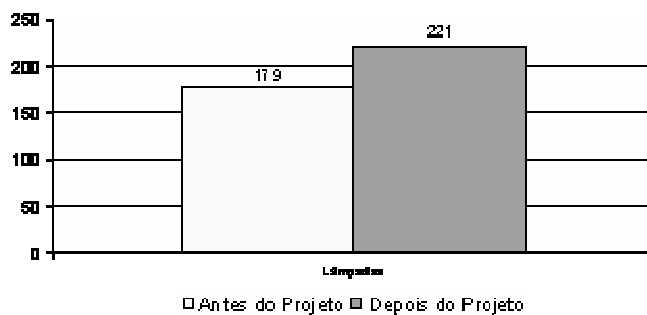


Figura 06 – Aumento do número de lâmpadas na comunidade

Fonte: CENBIO, 2003



A disponibilidade de energia contínua e de boa qualidade possibilitou o investimento dos moradores em máquinas de processamento do açaí, uma das principais bases da alimentação das comunidades rurais paraenses, que aí são beneficiados e comercializados. Das sete máquinas de processamento de açaí registradas no levantamento socioeconômico realizado pelo CENBIO em fevereiro de 2004 na comunidade, 4 foram compradas após a implantação do PROVEGAM. Além das máquinas de processamento de açaí os moradores também adquiriram “*freezers*” e geladeiras, que aumentaram de 17 para 25 e de 4 para 15 respectivamente, utilizados para refrigeração e comercialização de produtos regionais como sucos de fruta, peixes e cupuaçu, além dos alimentos das próprias famílias. Dentre as mulheres, há também a utilização de máquinas de costura para prestação de serviços.

Outro benefício, trazido pela disponibilidade de energia, foi o início das aulas do curso noturno na escola municipal da comunidade, benefício este que ampliará o atendimento educativo à comunidade, incluindo a alfabetização de adultos.

Dentre as vantagens ambientais, observou-se que por meio da implantação de um sistema de substituição ao diesel e que gera energia elétrica por meio de óleo vegetal “in natura”, diminuiu-se a necessidade de importação do diesel vindo de Belém e que apresenta um alto custo devido à dificuldade de transporte. O óleo vegetal in natura é um recurso local, renovável e extremamente viável para ser utilizado como combustível em comunidades isoladas.

Após o término do projeto, a comunidade será capaz de produzir seu próprio óleo vegetal, gerando empregos para uma parte da comunidade, dando continuidade à geração de energia. Isso porque na Vila Soledade existe um projeto de cultivo do dendzeiro em sistema de agricultura familiar que contemple 100 famílias, o qual frutificará pela primeira vez em dezembro de 2004, gerando os frutos necessários para o abastecimento do motor com óleo vegetal. Cada família é responsável por 10 hectares, o que totaliza 1000ha. Cada hectare de terra gera, aproximadamente, 4 ton. de óleo/ano. Para abastecer o motor durante 6 horas diárias, utilizando kit conversor, são necessários 10 litros de diesel e 55 litros ou 50kg de óleo de dendê, o que totaliza 18000kg de óleo de dendê/ano. Sendo assim, serão necessários 4,5ha para o

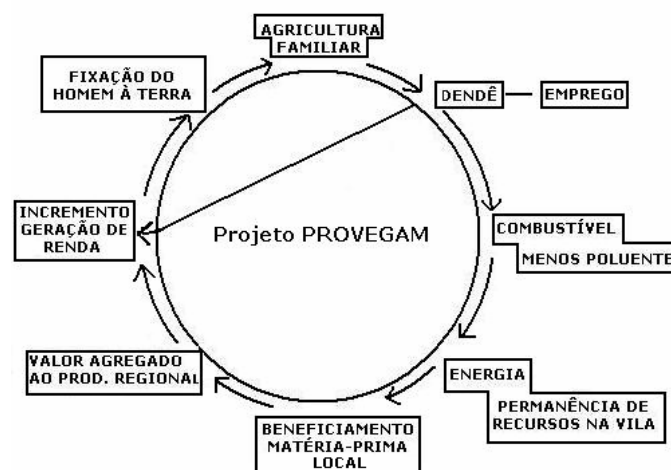
abastecimento do motor, o que representa uma pequena parte dos 1000ha cultivados pelas famílias.

O diagrama abaixo demonstra como o fornecimento de energia elétrica, aliado ao sistema de agricultura familiar, pode alavancar o pequeno comércio da Vila e proporcionar agregação de valor a seus produtos locais, sem a evasão de recursos financeiros para a compra do combustível para o gerador. Com disponibilidade de energia é possível processar os produtos regionais como o próprio dendê, o açaí, a mandioca, o cupuaçu e artigos correlatos. Ao agregar valor a essas matérias-primas a rentabilidade e as vantagens produtivas são maiores, fixando o homem no campo e proporcionando melhorias nas condições de vida, além da geração de energia como um fim em si neste cenário.

A sustentabilidade do projeto e seu sistema de funcionamento podem ser observados na figura 07.

Além disso, criou um modelo que permite operacionalizar qualquer grupo gerador desativado e abandonado ou implantar novos grupos geradores em comunidades isoladas, utilizando óleos vegetais produzidos localmente.

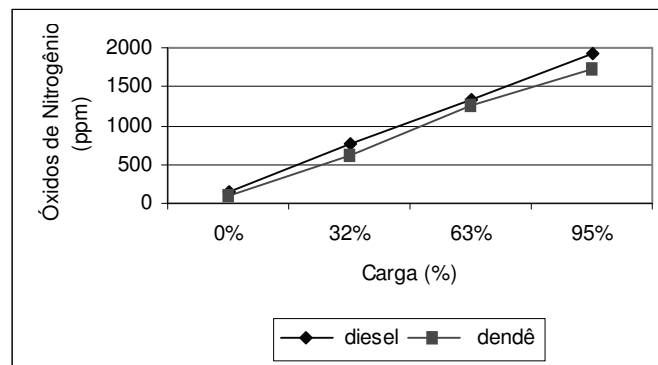
*Figura 07 – Esquema de desenvolvimento da comunidade
Org. – Maria Beatriz Monteiro*



Durante todo o período de testes do sistema foram colhidos dados a respeito das emissões, do desempenho, do desgaste do sistema e da qualidade da energia fornecida (interrupções no fornecimento e nível de satisfação da população). Com os dados,

pode-se comprovar que as emissões provenientes da combustão do óleo de dendê, analisadas pela COPPE/UFRJ, foram equivalentes ou menores que as provenientes da combustão do diesel. As emissões de dióxidos de carbono (CO_2) e oxigênio (O_2) mostraram uma similaridade de comportamento com o motor operando com óleo diesel e de dendê. Já as emissões de NO_x mostram o aumento das emissões desse gás com o aumento da carga. Observou-se também que com o motor operando com diesel, os índices de emissões desse gás foram os mais altos. No caso do óleo de dendê, a combustão se processa no período de expansão, diminuindo a emissão de NO_x em relação ao diesel (Figura 08).

Figura 08 - Diferenças nas emissões de NO_x



A análise das emissões de monóxido de carbono (CO) mostrou que em cargas baixas a emissão de CO é maior com o motor operando com óleo de dendê em relação ao óleo diesel. Entretanto, o aumento da temperatura do ar de admissão favorece a vaporização do combustível melhorando a combustão e tornando os níveis de emissão de CO similares para o diesel e o dendê (LMT, 2003).

Um aspecto muito importante dos resultados de emissão é a ausência de óxidos de enxofre nos gases de exaustão da combustão do óleo de dendê.

A instalação de um modelo de geração de energia a partir de um mecanismo mais limpo e renovável gera a perspectiva de construção de um modelo ambiental mais correto e que garante um sistema de geração economicamente viável, referência para novas iniciativas.

Os testes e o acompanhamento diário do motor revelaram que o sistema utilizado opera em condições de normalidade, não obstante as melhorias que ainda estão previstas.

Quanto à qualidade da energia fornecida, a maioria dos moradores entrevistados no levantamento socioeconômico mostrou-se muito satisfeito com o projeto e reconheceu grandes mudanças após sua implantação, tanto no aspecto do aumento da disponibilidade de horas com energia como no aspecto qualidade, dada a não interrupção no período de fornecimento. Além disso, foi possível verificar nas diversas visitas a campo que a rede elétrica funciona em perfeitas condições e fornece energia elétrica de boa qualidade a todas as residências.

4. CONCLUSÃO

O Projeto Provegam foi concebido com o objetivo principal de criar e testar um novo modelo descentralizado de geração de energia elétrica para comunidades isoladas que têm condições de cultivar, em sistema de agricultura familiar, espécies oleaginosas que possam fornecer óleo para combustão em diesel geradores comuns.

Neste projeto foi contemplada uma comunidade da região amazônica, no estado do Pará, que tinha disponibilidade de cultivo do dendzeiro e conseqüente fornecimento de óleo de dendê.

Os resultados deste projeto confirmaram as premissas concebidas de elaboração de um novo modelo de geração de energia elétrica para comunidades isoladas na amazônica. Os testes na Embrapa e na comunidade, que totalizaram mais de 2500 horas, provaram a viabilidade técnica da combustão do óleo de dendê “in natura” em motores de ciclo diesel. Os custos de operação e manutenção são mais altos do que o custo de operação do grupo gerador com óleo diesel, no entanto, continua sendo viável a utilização do óleo de dendê nos locais em que a população possa produzir seu próprio combustível e que o óleo diesel chega com um alto custo.

A possibilidade da utilização de energia elétrica sem interrupções, gerada diariamente pelo grupo gerador operando com óleo de dendê, proporcionou para a

população um aumento de renda, já que a mesma pode usufruir de equipamentos, que antes não poderiam ser utilizados devido à falta de energia elétrica.

Este modelo já foi aprovado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, para sua replicação em outra comunidade do município de Moju, sendo indicado para replicação em outras comunidades da região Amazônica, contribuindo para a universalização do acesso à energia.

5. BIBLIOGRAFIA

CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. Projeto PROVEGAM, dezembro de 2001. **Relatório de viagem, 2003.**

FONSECA, Max Aurélio N. Fonseca - **Os óleos vegetais como alternativa ao óleo diesel** . Palestra na Codevasf, Montes Claros - MG, em 30/11/1981.

LMT – Laboratório de Máquinas Térmicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro – **4º Relatório do projeto PROVEGAM.**, Rio de Janeiro, 2003.

SILVA, O. C. , “*Análise do Aproveitamento Econômico e Energético do Óleo de Palma na Guiné Bissau na Perspectiva do Desenvolvimento Sustentável*”, Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP, São Paulo, SP, Brasil, 1997.