

ELETRIFICAÇÃO DE COMUNIDADES ISOLADAS ATRAVÉS DE ÓLEO VEGETAL PRODUZIDO LOCALMENTE

IVO C. DE ALBUQUERQUE¹, JÖRGDIETER ANHALT²

¹ Eng^o Eletricista, Mestre, Engenheiro, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis – IDER, Rua Nunes Valente, 2881 - Dionísio Torres, CEP: 60.125-071, Fortaleza – CE, (85) 3247.6506, e-mail: ivo@ider.org.br.

² Dipl. Ing., Especialista, Diretor, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis – IDER, Rua Nunes Valente, 2881 - Dionísio Torres, CEP: 60.125-071, Fortaleza – CE, (85) 3247.6506, e-mail: anhalt@ider.org.br.

Encontro Técnico-Científico da 6^a Ecolatina
18 a 21 de setembro de 2006 – Belo Horizonte –MG

RESUMO: O projeto de Pesquisa e Desenvolvimento – P&D, financiado pelo Consórcio CENP Energia, iniciou-se no ano de 2003 com o objetivo de avaliar técnica e financeiramente a geração de energia elétrica utilizando biocombustíveis a partir da plantação e extração de óleos vegetais. Uma área de 30 hectares (ha) foi utilizada para o plantio de mamona e pinhão-manso. As oleaginosas produzidas foram processadas e delas extraído o óleo para transesterificação numa usina. O óleo e biodiesel resultantes foram utilizados em grupos geradores para eletrificar as localidades de Serrinha de Santa Maria e a Fazenda Normal. Os resultados encontrados demonstram a possibilidade de que num futuro próximo comunidades excluídas energeticamente poderão consumir energia elétrica a partir de combustíveis de origem vegetal produzidos na própria região.

PALAVRAS-CHAVE: BIOCMBUSTÍVEIS, BODIESEL E GERAÇÃO DE ENERGIA.

ELECTRIFICATION OF ISOLATED COMMUNITIES WITH LOCALLY PRODUCED VEGETABLE OIL

ABSTRACT: The Research and Development Project – P&D financed by the consortium CENP Energy started its activities in the year 2003. The objective was to carry out a technical and financial evaluation of the electric energy generation process when using biofuels derived from the cultivation and extraction of vegetable oils. An area of 30 hectare has been used to cultivate *Mamona (Ricinus communis)* and *Pinhão Manso (Jatropha curcas)*. The oil plants have all been processed; the oil has been extracted and converted into biofuel at an oil processing plant. The oil and biodiesel produced have been utilized to operate power generators for the electrification of the localities Serrinha de Santa Maria and Fazenda Normal. The findings demonstrate that in the near future excluded communities without electrification will be able to utilize vegetable oil locally produced fuels.

KEYWORDS: BIOFUELS, BODIESEL AND POWER GENERATION.

INTRODUÇÃO: O Brasil, no ano de 2000, possuía cerca de 11 milhões de habitantes sem acesso à rede básica de energia elétrica. Tendo em vista o programa do Governo Federal de universalização do acesso à energia elétrica para todas residências brasileiras, mesmo

aqueles que vivem em áreas isoladas ou remotas, o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis – IDER, uma Organização Social de Interesse Público – OSCIP, desenvolveu um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento – P&D na área de biocombustíveis, de acordo com a LEI Nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e captou recursos junto a 5 empresas de geração de energia para executá-lo.

Os objetivos do projeto são de avaliar técnica e financeiramente a produção de óleo vegetal e biodiesel, e a geração de energia elétrica, a partir destes combustíveis, em comunidades não atendidas pela rede convencional de energia elétrica. Este artigo mostra os benefícios e as dificuldades de se montar um sistema de geração de energia utilizando combustível produzido na própria região atendida, a partir de uma fonte vegetal.

O PROJETO: A necessidade de que uma única entidade representasse o projeto de P&D, levou as empresas CGE – Ceará Geradora de Energia S/A, TEP – Termoelétrica Potiguar S/A, CUMMINS – Cummins Brasil Ltda, PARNAMIRIN – Parnamirim Energia S/A e ENGEBRA – Empresa de Energia Elétrica do Brasil Ltda, a formar o Consórcio CENP Energia.

A cada ano, o consórcio tem financiado uma etapa do projeto. O gerenciamento, administração e engenharia são realizados pelo IDER, tem ainda a parceria das seguintes instituições: EMBRAPA Algodão da Paraíba, Tecnologias Bioenergéticas Ltda – TECBIO, Parque de Desenvolvimento Tecnológico – PADETEC vinculado à Universidade Federal do Ceará – UFC, Centro Nacional de Referência em Biomassa – CENBIO, Engenharia Química & Tecnologia – EQ&T, Prefeitura Municipal de Quixeramobim e Governo do Estado do Ceará.

A ANEEL aprovou o projeto de P&D no final de 2003. O primeiro ano de pesquisas foi encerrado em novembro de 2004, e o segundo iniciou-se em março de 2005 e concluído em fevereiro de 2006. O grande pioneirismo deste projeto no Brasil ocorre pelo fato de englobar e avaliar toda cadeia produtiva do biodiesel, desde a plantação, passando pela extração e transesterificação de óleos vegetais, até a geração de energia elétrica em motores Diesel condicionados.

Uma usina foi construída na Fazenda Normal para abrigar os equipamentos que realizam a extração do óleo vegetal, e a transesterificação. Esta usina também tem a capacidade de armazenar sementes e combustível produzido.

Dois grupos geradores (motor + gerador elétrico) à Diesel de 81kVA também foram instalados, um na Fazenda Normal, pertencente ao Governo do Estado, e o segundo na comunidade da Serrinha de Santa Maria. Na operação normal destes motores tem sido utilizado exclusivamente o combustível de origem vegetal para geração de energia elétrica.

LOCALIZAÇÃO E GEOGRAFIA: A plantação e a usina construída situam-se na Fazenda Normal no distrito de Uruquê, município de Quixeramobim, sertão central do Ceará. A vegetação predominante da região é a caatinga escassa, e possui um clima quente e seco, caracterizando um semi-árido típico. A região possui apenas duas estações climatológicas definidas: a chuvosa, de apenas 4 meses ao ano, compreendendo o período de fevereiro a maio; e a seca, que abrange os outros 8 meses do ano.

A Serrinha de Santa Maria, a 22 km da Fazenda Normal, tem um micro-clima diferenciado do distrito do Uruquê. Isto porque se situa a 600 m de altura, no alto de uma pequena serra e tem a umidade do ar maior por conta da presença de três grandes açudes bastante utilizados para irrigação dos pontos mais baixos, além do consumo humano e gado existente.

PLANTAÇÃO E COLHEITA: A mamona (*Ricinus communis*), popularmente chamada de ‘carrapateira’, possui entre 35% e 55% de óleo em relação à massa total da semente, e é uma das poucas oleaginosas que se adaptam à região do semi-árido. O milho, soja,

girassol, algodão e dendê também foram cogitados para fazerem parte do projeto, mas algumas não se adaptam às condições do Estado do Ceará, ou não têm boa produtividade.

O estudo de aptidão da mamona para o Estado do Ceará, encomendado pelo CENP Energia, traçou um panorama de áreas boas, regulares, restritas ou inaptas para o plantio. A climatologia, solo, relevo, práticas culturais, pragas, variedades e zoneamento agroecológico foram os parâmetros utilizados, e confirmam que a região escolhida está entre as regulares no Ceará, onde poucas as áreas foram consideradas boas.

Num total de 70 ha desmatados, 38 ha foram plantados com mamona no primeiro ano e 30 ha no segundo. A grande concentração das chuvas num curto espaço de tempo e longos períodos de estiagem, no ano de 2004, dificultaram a preparação, plantio e desenvolvimento das mamoeiras. Isto se refletiu consideravelmente na produtividade que ficou em 520 kg/ha. Em outra área, experimental, de apenas 1 ha, sem excesso de água, com fertilizante e bem cuidada, chegou-se a 1.800 kg/ha. Segundo a EMBRAPA, seria possível ter alcançado um valor de até 2.300 kg.

No ano de 2005 houve uma precipitação de praticamente o dobro de 2004, e de forma mais regular. Por conta disto a produtividade permaneceu em cerca de 540 kg/ha, demonstrando que o excesso de chuvas também reduz a estimativa de produção de mamona.

Para o melhor desenvolvimento das mamoeiras, a limpeza das plantas daninhas e adubação ocorriam sempre que necessário, de acordo com a solicitação dos técnicos. A colheita acontecia quando os cachos estavam secos, pouco antes de caírem.

Os frutos eram colhidos no cacho inteiro, podendo ser descascados manualmente no local, por meio de varas ou tubos, ou por descascadores mecanizados projetados para o propósito.

No período de 2004/2005 foram testados dois tipos de descascadores, fabricados pela ECIRTEC e GSDOURADO. O primeiro, elétrico, situa-se na usina e outro necessita de um eixo móvel, como de um trator, onde o descasque pode ser executado no campo. Apesar da produtividade no descasque no campo ser um pouco menor, há uma maior facilidade de transporte das sementes descascadas.

O descascador fabricado pela ECIRTEC demonstrou-se melhor para operar com as sementes de mamona do tipo Almirante-10, enquanto o da GSDOURADO com o tipo de mamona Nordestina ou Paraguaçu.

A lavoura de pinhão-manso, de apenas 1 ha, produziu no seu primeiro ano (em 2005) apenas 200 kg, bem abaixo do esperado para a área plantada e para a extração de óleo vegetal. A provável explicação seja as condições climáticas e solo. Isto demonstra que mais pesquisas sobre esta oleaginosa são necessárias.

EXTRAÇÃO DE ÓLEO VEGETAL: A extração do óleo é a principal etapa de todo o processamento, pois a qualidade final do combustível está diretamente ligada a este processo. Para tanto, a planta da usina e os equipamentos foram dimensionados pelo CENBIO que já possui experiência na área.

Inicialmente, as sementes devem ser cozidas a uma temperatura de, aproximadamente, 100°C para que o óleo seja extraído com mais facilidade. Para isto existem diversas técnicas de cozimento. As mais comuns são: utilização de vapor e o aquecimento de uma superfície plana com fogo, chamada de cozinhador.

O cozinhador utilizado consistia simplesmente em uma grande 'panela' de ferro aquecida com a queima de lenha. O cozinhador foi projetado utilizando a técnica de fogões eficientes aprimorada pelo IDER em outros projetos desenvolvidos no interior do Ceará. Como o óleo produzido era de baixa qualidade, por conta da elevada temperatura em que as sementes entram em contato, optou-se por trocar o sistema de cozimento para um de múltiplos estágios aquecido com vapor. A limitação da temperatura do vapor é vital para não queimar as sementes e conseqüentemente produzir um óleo de melhor qualidade.

A extração ocorre num determinado tipo de prensa com as sementes ainda quentes, onde a parte sólida é eliminada ao final da helicoidal interna da prensa, junto da regulagem de pressão. Já a parte líquida escorre através das aberturas ao longo do corpo do

equipamento. A parte sólida das sementes é comumente chamada de 'Torta, e a parte líquida é o óleo vegetal *in natura*, i.é., sem processamento.

A regulagem da prensa em conjunto com o cozimento são as chaves da extração. A qualidade e a produtividade do óleo estão diretamente ligadas a estas etapas.

Depois da prensa, o óleo extraído deve passar por um decantador para que as impurezas ainda presentes precipitem. No primeiro ano do projeto foi utilizado um decantador horizontal de 3 seções, e notava-se que este era muito ineficiente, por isto, o IDER projetou um novo decantador vertical.

Com três cilindros independentes, cada um contendo cerca de 450 litros, o decantador vertical permite que o óleo passe pelo menos 3 dias parado em cada um dos cilindros, tempo suficiente para a precipitação e retirada significativa das impurezas.

O óleo vegetal, mesmo após este processo, ainda precisa ser filtrado. Para isto, o óleo é aquecido através de serpentinas contendo vapor e antes de passar por um filtro prensa que retira as partículas sólidas ainda contidas.

A última etapa da extração do óleo vegetal é a degomagem. O processo consiste no aquecimento a 80°C, durante 30 minutos, de uma mistura de 184 kg óleo de mamona com 3,6 kg de água. Após o aquecimento, esfria-se a mistura para 40°C durante 1 hora, em seguida o óleo é bombeado a um decantador para a precipitação de gomas. A degomagem, retirada das gomas (fosfolípidios), é muito importante para a qualidade final do óleo vegetal, já que a sua presença aumenta a carbonização dos cilindros de motores Diesel assim como dificulta a transesterificação.

Após as modificações das etapas de extração, cozimento, decantação e degomagem da planta em relação ao projeto original, o óleo de mamona que inicialmente saía escuro, queimado (preto), passou a sair com a cor de vinho branco, caracterizando um óleo de mamona do tipo 1, com alto valor comercial para aplicações químicas.

Todo o óleo extraído é armazenado em tambores de 200 litros. Daí pode ser utilizado diretamente como combustível ou ser processado na etapa de transesterificação.

TRANSESTERIFICAÇÃO: A molécula de óleo vegetal é formada por três ésteres ligados a uma molécula de glicerina, o que faz dela um triglicerídeo. A transesterificação é o nome do processo de transformação do óleo vegetal em biodiesel. Para que este processo ocorra são necessárias algumas condições físicas e elementos químicos, além de uma determinada seqüência de operações no processo.

O óleo vegetal entra na unidade de transesterificação em bateladas de 140 litros. As etapas do processo são, em seqüência, a desumidificação do óleo, aquecimento, reação, separação de fases, lavagem, hidrólise, desumidificação da água, filtragem, recuperação e desidratação do metanol. Pode haver uma diferença de metodologia dependendo da empresa que projeta esta etapa.

O metanol e o hidróxido de sódio são utilizados como insumos para o processo. O álcool associa-se com a molécula de glicerina, já o NaOH é associado com os ésteres para a produção de biodiesel. O ácido sulfúrico entra como catalisador reduzindo a quantidade de energia necessária para que haja a reação química.

Em resumo, o biodiesel é um produto resultante da retirada da glicerina de um óleo vegetal. Pode-se afirmar também que o biodiesel é um combustível de origem vegetal que tem propriedades semelhantes às do Diesel.

A unidade de transesterificação utilizada na usina foi projetada pela TECBIO, uma das empresas pioneiras no Brasil na pesquisa e produção de biodiesel. Criada por pesquisadores do curso de Engenharia Química da UFC, tem se destacado por estar presente na maioria dos projetos ligados aos biocombustíveis no País.

A unidade de transesterificação tem a capacidade de produzir 50 litros de biodiesel por hora. Onde para cada 100 litros de óleo de mamona e 10 litros de metanol inseridos no processo, são produzidos, aproximadamente, 100 litros de biodiesel e 10 litros de glicerina.

GERAÇÃO DE ENERGIA: Os dois grupos geradores, que foram comprados junto a Cummins Brasil, consistem em basicamente de geradores elétricos de 81kVA movidos à motores Diesel 4BT 3,9l. A representante local do fabricante realizou a posta em marcha dos motores com o combustível Diesel, que funcionaram perfeitamente.

O dimensionado de um grupo gerador teve como base a carga de residências urbanas, além de contar também com a possível troca dos motores Diesel das forrageiras da comunidade por motores elétricos.

Para uma comparação real entre dois motores funcionando com combustíveis diferentes, um com biodiesel e o outro com óleo de mamona *in Natura*, os dois Grupos foram especificados idênticos.

Com a utilização destes, foi verificado que a estimativa de consumo de energia elétrica inicial era irreal, já que, em um ano, não houve a compra significativa de eletrodomésticos pela comunidade, muito menos a substituição dos motores das forrageiras.

SERRINHA DE SANTA MARIA: A comunidade de Serrinha de Santa Maria, situada no município de Quixeramobim, sertão central do Ceará, até o mês de setembro de 2004 não possuía energia elétrica, apesar de estar a apenas 6 km de distância da rede convencional de energia elétrica da Companhia Energética do Ceará – COELCE, porém com um acesso extremamente difícil. A iluminação a noite era feita por meio de lâmpões à querosene. Os rádios funcionavam à pilha, para passar roupa somente com ferro à carvão, e as poucas TVs existentes à bateria tinham que ser recarregadas constantemente na vila mais próxima.

O projeto de P&D do CENP Energia possibilitou a instalação de uma rede de distribuição de baixa e média tensão (BT e MT), dentro dos padrões da concessionária local, além de iluminação e tomadas para as residências e para o centro comunitário, sem qualquer custo para os moradores. Ao total foram construídos quase 5 km de infra-estrutura, já que as 27 famílias moram dispersas pela região.

Um pequeno galpão também foi construído para abrigar o grupo gerador, os tanques de combustível e alguns tambores contendo óleo de mamona e biodiesel.

FAZENDA NORMAL: O segundo grupo gerador foi abrigado, assim como na comunidade, num galpão construído pelo projeto. Este se localiza na Fazenda Normal, junto ao transformador de 13,8kV para 220/380V e medidor da COELCE. Como não havia possibilidade de paralelismo foi inserida uma chave de intertravamento, onde a Fazenda estaria sendo eletrificada pela Companhia ou pelo grupo gerador.

TESTES: A produção de óleo de mamona, referente à área plantada, nos dois primeiros anos acabou sendo muito abaixo das expectativas iniciais, assim não havendo combustível suficiente para os dois grupos geradores. Nestas condições, somente o da comunidade foi posto para inicialmente funcionar utilizando biodiesel. Como não havia a necessidade de operação o dia inteiro, este passou a funcionar apenas 3,5 horas diárias, iniciando ao escurecer, em torno de 18:00 h.

Como um dos objetivos do projeto era de avaliar os impactos mais rapidamente do novo combustível em um motor Diesel, foi utilizado o que é chamado de B100, ou 100% de biodiesel, sem a presença de Diesel.

Alguns problemas foram apresentados antes de 500 horas de funcionamento, como filtros sujos e entupimento da bomba injetora causados por muito resíduo, ou impurezas, que estavam passando pelo processo de filtragem. Isso conseqüentemente causou problemas na operação normal do motor.

O óleo de mamona também estava muito mais escuro do que deveria estar sendo produzido, afetando a qualidade final do Biodiesel. A manutenção preventiva do motor foi então reduzida de 250 para 100 horas e alterada a forma de estocagem dos tambores.

Após as 1000 horas de funcionamento, o grupo gerador da comunidade foi adaptado com um kit de conversão para funcionar com óleo de mamona *in Natura* e Biodiesel. O óleo de mamona por possuir uma viscosidade alta, nunca deve ser utilizado no início e fim da operação do motor, cabendo ao biodiesel e/ou Diesel esta função.

A transição de biodiesel para óleo de mamona e vice-versa acontece de maneira imperceptível aos operadores. Não há solavancos ou falhas, mas devido aos problemas apresentados na elaboração do combustível, além de outras especificações equivocadas, o motor apresentou falhas no seu funcionamento durante a operação.

Em um dos testes, o motor foi parado quando estava sendo alimentado com óleo de mamona, e apenas de um dia para o outro, tempo o suficiente para esfriar o combustível, a tubulação ficou completamente obstruída, o que demandou uma limpeza para restabelecer a operação normal.

Uma característica importante da combustão com óleo vegetal é o odor dos gases exauridos pelo motor, um cheiro agradável em comparação com o Diesel. Também se deve mencionar a completa ausência de materiais particulados nos gases, que são completamente limpos.

A qualidade inicial do óleo e biodiesel de mamona, devido aos problemas encontrados na usina, ocasionou por três ocasiões a necessidade de reparos nas bombas injetoras, assim como a limpeza dos bicos injetores que já se encontravam em processo de carbonização. Com o óleo de excelente qualidade produzido ao final das alterações no processo da usina, os problemas nos grupos geradores não foram mais apresentados até o final do segundo ano do projeto.

CONCLUSÕES: O projeto de P&D, financiado pelo consorcio CENP Energia, tem mostrado que a utilização de biocombustíveis para a geração de energia elétrica é tecnicamente viável. Também foi verificado que a qualidade do óleo de mamona *in Natura* e biodiesel utilizados influencia diretamente na operação e no desgaste dos motores, para tanto foi alterado o projeto inicial a fim de ser produzido um bom produto.

O preço final do litro de biodiesel produzido chegou a ser calculado, mas o valor alto não tem representatividade para comparação com uma produção em escala ou um projeto financiado pelo governo, já que havia elevados custos referentes à pesquisa e a usina tinha uma escala reduzida.

Para o propósito do projeto em questão, verificamos que não há necessidade de transesterificar o óleo vegetal. Esta etapa encarece o processo de fabricação de biodiesel e o torna mais perigoso para a manipulação pelos próprios moradores. Como objetivo para o terceiro ano estaremos estudando a geração de energia elétrica somente com óleos vegetais.