

Viabilidade Técnica e Econômica de Produção de Ésteres de Óleo de Palma, para Utilização como Substituto de Óleo Diesel, na Amazônia



CPATU
K14v
2004

LV-2008.01221

Viabilidade técnica e

2004

LV-2008.01221



44457-1



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimázio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Dietrich Gerhard Quast

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Amazônia Oriental

Tatiana Deane de Abreu Sá

Chefe-Geral

Oriel Filgueira de Lemos

Jorge Alberto Gazel Yared

João Baía Brito

Chefes Adjuntos

Documentos 193

Viabilidade Técnica e Econômica de Produção de Ésteres de Óleo de Palma, para Utilização como Substituto de Óleo Diesel, na Amazônia

Franz Josef Kaltner
José Furlan Júnior
Edson Barcelos da Silva
Alexandre Sanz Veiga
João Batista da Costa Vaz

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Oriental
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n
Caixa Postal, 48 CEP: 66095-100 - Belém, PA
Fone: (91) 3204-1000
Fax: (91) 3276-9845
E-mail: sac@cpatu.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: Joaquim Ivanir Gomes
Membros: Gladys Ferreira de Sousa
João Tomé de Farias Neto
José de Brito Lourenço Júnior
Kelly de Oliveira Cohen
Moacyr Bernardino Dias Filho

Embrapa	
Unidade:	Ar - Seede
Valor aquisição:	
Data aquisição:	29/04/08
N.º N. Fiscal/Fatura:	
Fornecedor:	
N.º CCS:	
Origem:	Doces
N.º Registro:	01221/08

Revisores Técnicos

Antônio Agostinho Müller – Embrapa Amazônia Oriental
Alfredo Kingo Oyama Homma – Embrapa Amazônia Oriental
Sérgio de Mello Alves – Embrapa Amazônia Oriental

Supervisor editorial: Guilherme Leopoldo da Costa Fernandes

Revisor de texto: Regina Alves Rodrigues

Normalização bibliográfica: Regina Alves Rodrigues

Editoração eletrônica: Francisco José Farias Pereira

Foto da capa: Agropalma

1ª edição

1ª impressão (2004): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Viabilidade técnica e econômica de produção de ésteres de óleo de palma, para utilização como substituto de óleo diesel, na Amazônia / Franz Josef Kaltner...[et al.] - Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

54 p.: il.; 21 cm. - (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 193).

ISSN 1517 -2201

1. Biodiesel - Uso - Amazônia - Brasil. 2. Biocombustível. 3. Custo de produção. I. Kaltner, Franz Josef. II. Série.

CDD 333.9539

© Embrapa 2004

Autores

Franz Josef Kaltner

Eng. Mecânico, Namazônia – Centro de Estudos e Pesquisas para Desenvolvimento de Tecnologias para a Amazônia.

E-mail: fjkaltner@aol.com

José Furlan Jr

Eng. Agrôn., M. Sc., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal, 48, CEP 66017-970, Belém, PA.

E-mail: jfurlan@cpatu.embrapa.br

Edson Barcelos da Silva

Eng. Agrôn., Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental.

E-mail: barcelos@cpaa.embrapa.br

Alexandre Sanz Veiga

Eng. Agrôn., Marborges Agroindústria S/A.

E-mail: sanzveiga@marborges.com.br

João Batista da Costa Vaz

Quím. Ind., Lamy Química Ltda.

E-mail: jscostavaz@ig.com.br

Apresentação

A Embrapa Amazônia Oriental apresenta um estudo sobre o potencial de geração de energia pelo uso da biomassa na Região Norte, ao mesmo tempo que mostra a possibilidade de criação de emprego e formação de renda.

O trabalho tem como objetivo avaliar os custos de implantação e produção de um modelo de empreendimento agroindustrial com óleo de palma, bem como demonstrar a viabilidade técnica, econômica, ambiental e social da produção de biocombustíveis produzidos em sistema integrado agricultura – extração de óleo vegetal – produção de biodiesel.

Discute ainda o enorme potencial que essa atividade econômica tem na Amazônia, mostrando que o dendezeiro se destaca dentre as culturas perenes produtoras de biomassa energética na região .

Por fim, conclui que a implantação de empreendimento desse tipo é recomendável em todos os aspectos. Que a viabilidade econômica do empreendimento não se limita, exclusivamente, ao programa de biodiesel, mas também pode desempenhar, com os ésteres de óleos vegetais, um importante papel na indústria oleoquímica.

Tatiana Deane de Abreu Sá
Chefe Geral da Embrapa Amazônia Oriental

Sumário

Viabilidade Técnica e Econômica de Produção de Ésteres de Óleo de Palma, para Utilização como Substituto de Óleo Diesel, na Amazônia	9
Introdução	9
Justificativa técnica e econômica para definição do óleo de palma como matéria-prima	11
Viabilidade agroclimática	13
Produtividade	16
Custo médio de produção	16
Justificativa técnica e econômica para utilização do biodiesel	17
Vantagens ambientais	23
O Empreendimento	23
Custo de implantação da agroindústria de óleo de palma	37
Custo de implantação da planta de biodiesel	40
Estimativa dos custos de produção	43
Estudo do impacto ambiental	47
Impacto social	49
Conclusão	51
Referências Bibliográficas	51

Viabilidade Técnica e Econômica de Produção de Ésteres de Óleo de Palma, para Utilização como Substituto de Óleo Diesel, na Amazônia¹

Franz Josef Kaltner

José Furlan Jr

Edson Barcelos da Silva

Alexandre Sanz Veiga

João Batista da Costa Vaz

Introdução

Em 1995, havia no mundo 600 milhões de veículos motorizados, número que deve chegar a 1 bilhão em 2010. Os combustíveis derivados de petróleo alimentam, atualmente, 99% desses veículos. Apesar da indústria petrolífera ter se iniciado há apenas 150 anos, estudos confiáveis sobre reservas de petróleo indicam que em torno do ano 2008, as novas reservas a serem descobertas não serão capazes de repor os estoques consumidos, significando o início da contagem regressiva da utilização do petróleo como principal matéria-prima do planeta (International... 1999).

É importante entender que não há risco de desabastecimento em curto prazo, mas uma nova situação, na qual não haverá garantias de quanto será o preço do petróleo.

Para possibilitar um aproveitamento mais racional das reservas, o petróleo, certamente será usado em aplicações mais nobres que o uso veicular, razão pela qual, houve um avanço enorme nas pesquisas de produtos alternativos capazes de substituir o diesel e a gasolina como combustíveis. Como resultado visível desses esforços, têm-se no mundo, atualmente, dois programas bem sucedidos: o programa brasileiro de substituição de gasolina por álcool etílico "Proalcool" (O Programa... 2003), lançado há 30 anos, que foi a 1ª demonstração da viabilidade da utilização de biocombustíveis em larga escala; e o programa europeu de

¹Atividade do Projeto PNOG: processo CNPq 550408/01-0

substituição de óleo diesel por derivados de óleos vegetais, comumente chamados de "Biodiesel", iniciado há 10 anos, sendo a 2ª experiência bem sucedida da utilização de biocombustíveis (Bockey, 2002).

Por definição, biodiesel é uma mistura de mono-ésteres de ácidos graxos de cadeia linear, obtida a partir do processo químico de transesterificação de óleos vegetais. No Brasil, de acordo com as pré-definições do programa de governo "probiobiodiesel", são chamados de biodiesel todos os combustíveis obtidos a partir de misturas em diferentes proporções de diesel e ésteres de óleo vegetal (Brasil, 200-).

O biodiesel pode ser obtido a partir de qualquer óleo vegetal ou animal, com pequenas variações nas suas propriedades e o Brasil, pelo seu imenso potencial agrícola, será futuramente um grande produtor. A viabilidade econômica da produção de biodiesel tem forte influência das condições de plantio, produção, produtividade e logística de distribuição. A Amazônia, com seu clima potencialmente favorável para a conversão de biomassa, é a área mais promissora para a implantação de sistemas agrícolas voltados ao mercado de energia, utilizando a cultura do dendezeiro (Veiga et al. 2000).

Este estudo tem por objetivo avaliar, a partir de um modelo de projeto pré-definido, os custos de implantação e produção, bem como os impactos sociais e ambientais para um programa de substituição gradual do óleo diesel consumido na Região Norte. O estudo foi elaborado a partir de informações de fontes confiáveis de pesquisa de utilização de ésteres vegetais, mercado de óleos vegetais e experiência dos autores, e envolveu a avaliação da produção de éster produzido a partir de óleo de palma (dendê), que é a oleaginosa com maior potencial na região.

Há duas rotas tecnológicas para produção de ésteres de óleos vegetais (Biodiesel... 2003):

- Rota metílica – O éster é obtido pela reação química do óleo vegetal com álcool metílico (metanol), derivado do gás natural.
- Rota etílica - O éster é obtido pela reação química do óleo vegetal com álcool etílico anidro (etanol), derivado da cana-de-açúcar.

No Brasil, grande produtor de etanol, a pesquisa está concentrada na rota etílica, que ainda não é utilizada em escala comercial. A produção via rota metílica é utilizada com sucesso em escala comercial em vários países, havendo diversos fornecedores de plantas industriais de grande capacidade (Biodiesel... 2003).

Como o objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade comercial da produção, e como os custos projetados para as duas rotas são bastante semelhantes, somente será avaliada a rota metílica, em função do menor custo do álcool e da maior reatividade (Biodiesel... 2003).

Os custos de implantação e produção para a rota etílica são um pouco maiores, entretanto, no modelo estudado, a implantação da planta de éster ocorrerá no 5º ano após o início do empreendimento. Portanto, havendo, ainda, tempo para se definir o modelo de melhor resultado (Biodiesel... 2003).

Em alguns países da Europa, a utilização de biodiesel já é expressiva. Na Alemanha, a capacidade instalada de produção é de 1,1 milhão de toneladas/ano, com projeção de crescimento de 25% ao ano, no período 2000 – 2007. Atualmente, há especificações de qualidade mínima para ésteres de óleos vegetais (biodiesel), em vigor nos seguintes países: Alemanha, Áustria, Itália, EUA, França, Suécia, República Tcheca, Austrália e Argentina (Bockey, 2002).

Justificativa técnica e econômica para definição do óleo de palma como matéria-prima

Dentre as culturas perenes produtoras de biomassa energética, possíveis de serem plantadas na Amazônia, destaca-se o dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq).

O plantio em larga escala de palma africana “dendezeiro”, iniciado em 1960 na Malásia, foi responsável pela produção de 21,2 milhões de toneladas de óleo de palma no ano de 2000 e continua em expansão acelerada, com o consumo crescendo em média 7% ao ano (Basiron, 2002).

Os óleos de palma e palmiste, produzidos a partir dessa cultura, são largamente utilizados em alimentação, na forma de margarinas, cremes vegetais, gorduras industriais e óleo de cozinha, sendo também importante matéria-prima na indústria saboeira, de tintas e na oleoquímica (Embrapa, 1981).

Atualmente, 95% dos plantios existentes no mundo estão situados na faixa latitudinal de 10° ao norte e ao sul da linha do Equador, estando 80% da produção concentrada na Malásia e Indonésia (A Agroindústria... 199-).

A necessidade de incorporar novas áreas de plantio, torna a Amazônia Brasileira a região com melhores condições para a expansão da cultura. Em nenhum período, desde o fim do ciclo da borracha, a Amazônia teve uma oportunidade como esta, de criação de um sólido segmento agroindustrial, que permitirá a melhoria da qualidade de vida da sua população. A cultura do dendezeiro, além das vantagens de mercado, cria condições para recuperação de áreas alteradas.

São poucas as opções econômicas que oferecem uma garantia de renda permanente para a população amazônica, sem agredir o meio ambiente. A cultura do dendezeiro se apresenta como uma opção excelente e com grande capacidade para geração de emprego e renda, pois para cada dez hectares plantados, cria-se um emprego direto (Veiga et al. 2001). O dendezeiro pode ser cultivado em solos pobres, como são a maioria dos solos na Amazônia, estabelecendo rapidamente uma cobertura arbórea, imitando a floresta tropical, protegendo o solo contra lixiviação e erosão, restaurando, assim, o balanço hídrico climatológico e contribuindo na fixação de CO₂ e liberação de O₂ (Furlan Júnior & Müller, 2003; Barcelos, 1999).

Estima-se a existência de 40 a 60 milhões de hectares de áreas desmatadas, onde grande parte destas foram abandonadas, após um curto ciclo da exploração agressiva dos recursos florestais e dos nutrientes do solo. Atualmente, essas áreas se encontram alteradas, sem nenhuma atividade econômica. A cultura do dendezeiro é a mais indicada para a recuperação de tais áreas, nas regiões com clima apropriado para essa cultura (Lima et al. 2001).

A dendeicultura exige a integração da produção agrícola com o processamento industrial, pois, pela rápida acidificação dos frutos, há necessidade de se processar o produto no máximo em 24 horas após a colheita, sendo fundamental a

instalação da planta de extração de óleo próximo ao local do plantio. Essa característica da cultura faz com que a geração de emprego e renda se concentre na própria área de plantio (Furlan Júnior & Müller, 2003).

O Brasil, após 30 anos de pesquisa e plantio, tem tecnologia apropriada para aumentar a área plantada dessa cultura perene, que produz 5 ou mais toneladas de óleo por hectare/ano. O custo histórico de produção do óleo de palma, no Brasil, varia entre US\$ 200,00 e US\$ 300,00 a tonelada e o custo de venda no mercado internacional, média dos últimos 30 anos, é de US\$ 420,00 a tonelada (Fry, 1999?).

Na Amazônia, os Estados do Pará, Amazonas e Amapá, têm áreas alteradas/desmatadas apropriadas ao cultivo do dendezeiro, com infra-estrutura básica pronta (portos, estradas, energia, etc.) para implantar um grande programa de produção de óleo de palma, com vantagens comparativas quanto à competitividade em relação aos grandes produtores mundiais.

O mercado de óleo de palma cresce 7% ao ano e a sua aplicação como matéria-prima na indústria alimentícia e oleoquímica é o principal motivo para tal crescimento. Considerando o potencial para utilização como substituto de óleo diesel, não há limite para o crescimento dessa cultura.

Viabilidade agroclimática

Só a Região Amazônica e uma estreita faixa no litoral da Bahia respondem, favoravelmente, às exigências ecológicas da dendeicultura no Brasil.

Sob o ponto de vista da aptidão climática, podem distinguir-se na Região Amazônica três classes de áreas:

- Áreas climáticas aptas, onde a planta encontra todas as possibilidades para um bom desenvolvimento.
- Áreas climáticas marginais, onde um ou mais fatores climáticos representam limitações ao bom desenvolvimento da cultura.
- Áreas climáticas inaptas, onde os fatores climáticos adversos desaconselham a implementação da cultura (Pandolfo, 1981).

A viabilidade agroclimática para a cultura do dendezeiro no Brasil está indicada na Fig. 1. Os mapas de aptidão são apenas um indicativo preliminar de áreas, onde é possível plantar dendezeiros, e são baseados em estudos de condições térmicas e hídricas. Não estão considerados aspectos limitantes tais como: topografia, solo, legislação ambiental, reservas florestais, reservas indígenas, infra-estrutura, disponibilidade de mão-de-obra, etc. (Savin citado por Pandolfo, 1981).



Fig. 1. Aptidão climática para a cultura do dendezeiro no Brasil.

Fonte: Savin citado por Pandolfo (1981).

A condição climática 100% apta, também, é uma utopia, pois muitas vezes nas regiões classificadas como aptas, ocorre excesso de chuvas, o que também não foi considerado nesses estudos.

Atualmente, com a experiência adquirida em 35 anos de plantios comerciais na Amazônia, sabe-se que o dendezeiro tem boa produtividade em áreas com déficit hídrico moderado.

Pluviosidade

A pluviosidade acima de 2 mil mm/ano, regularmente distribuída durante os 12 meses, sem déficit hídrico, apresenta-se como um importante parâmetro, sendo talvez o fator fundamental para o sucesso da dendeicultura. Mais que o volume de chuvas, a sua distribuição regular ao longo do ano é essencial à boa produtividade da espécie que tolera, no máximo, 3 meses com menos de 100 mm de precipitação (Pandolfo, 1981).

Insolação

Superior a 2 mil horas anuais e, também, bem distribuídas ao longo do ano, a intensidade luminosa está intimamente relacionada à atividade fotossintética da planta, condicionando sua produtividade. Considera-se que os locais com luminosidade inferior a 1.500 horas/ano não são recomendáveis ao desenvolvimento da dendeicultura, porquanto, nessas condições a palmeira não desenvolve em plenitude a sua potencialidade produtiva. A deficiência de brilho solar reflete, negativamente, no teor de óleo dos frutos e na uniformidade de maturação, influenciando na qualidade do produto (Pandolfo, 1981).

Temperatura

Média entre 24 °C e 28 °C, com mínima absoluta mensal não inferior a 18 °C, ponto considerado crítico para o bom desenvolvimento da espécie, pois ela é muito sensível às baixas temperaturas, as quais ocasionam nítida diminuição no ritmo de crescimento das plantas jovens e determinam acentuada queda de produção nas adultas. Quando as baixas temperaturas se associam à época da estiagem, o problema é, consideravelmente agravado, dando lugar ao aparecimento de distúrbios fisiológicos nos dendezaís, jovens ou adultos, com implicações na emissão foliar e, conseqüentemente, no número de cachos (Pandolfo, 1981).

Umidade relativa

A média mensal deve situar-se entre 75% a 90% (Pandolfo, 1981).

Produtividade

Entre todas as oleaginosas, a palma africana é a que tem a maior produtividade. Nos melhores plantios do Estado do Pará, ela já é superior a quatro toneladas de óleo de palma bruto por hectare (Veiga et al. 2001). No mundo, nos plantios mais recentes já é de cinco toneladas de óleo de palma bruto por hectare. A agroindústria de palma africana é uma atividade nova, com imenso potencial para melhoria da sua produtividade em relação a outras oleaginosas comerciais, como se observa na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação da média de produtividades de oleaginosas.

Produto	Nome comercial	Produtividade (em óleo)
		kg/ha/ano
Dendê (polpa)	Óleo de palma	3.500 a 5.000
Dendê (amêndoa)	Óleo de palmiste	200 a 350
Soja	Óleo de soja	400 a 600
Coco(Copra)	Óleo de coco	2.000 a 3.000
Oliva	Óleo de oliva	1.500 a 2.500
Colza	Óleo de colza	800 a 1.100
Girassol	Óleo de girassol	600 a 1.000
Amendoim	Óleo de amendoim	600 a 1.000
Mamona	Óleo de mamona	600 a 750

Custo médio de produção

Entre as oleaginosas, a palma africana é a de menor custo de produção. Na Tabela 2, apresenta-se o custo médio de produção das principais oleaginosas.

Neste estudo, faz-se a análise do custo de produção do óleo de palma, produto específico deste trabalho.

Tabela 2. Custo médio de produção de óleo de algumas espécies.

Óleos	Custo de produção US\$/t
Palma	250
Soja	340
Girassol	390
Amendoim	480
Coco	520
Canola	750

Fonte: Fry (1999?).

Justificativa técnica e econômica para utilização do biodiesel

Potencialidade do biodiesel como substituto de combustíveis fósseis

Histórico

Desde 1912, há registros publicados de experiências com utilização de óleos vegetais como combustível para motores diesel, tendo sido testados os mais variados tipos de óleos, em diversos países. O primeiro registro, no Brasil, foi a palestra dada por Joaquim Bertino de Moraes Carvalho, no Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, em 1923 (Sá Filho et al. 1979).

Na década de 1940, há registro de ensaios realizados pelo Instituto Nacional de Tecnologia - INT e outros órgãos governamentais, utilizando diversas oleaginosas (Sá Filho et al. 1979). No ano de 1981, foi criado o programa Oveg I, coordenado pela Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério de Indústria e Comércio, STI/MIC, no qual foram realizados testes de bancada e frota, utilizando ésteres de óleos vegetais. Os resultados desses programas foram publicados em 1985 (Brasil, 1985a, 1985b). Encontra-se uma relação extensa de referências bibliográficas sobre o assunto. Em Sá Filho et al. (1979), são listadas 85 referências primárias e 21 complementares sobre o tema.

Perspectivas para a utilização de ésteres de óleos vegetais em substituição aos combustíveis fósseis

Alguns fatores relevantes, que ocasionarão profundas modificações nos mecanismos de produção, fazem o mundo se voltar, de novo, para essa fonte alternativa de energia.

Esses fatores são:

- A evolução das tecnologias de produção agrícola, que permitem a utilização de seus produtos com vantagens econômicas e ambientais, como matéria-prima em processos industriais, em substituição a insumos não-renováveis.
- A necessidade de implantação de programas de produção auto-sustentáveis (emissão zero), isto é, “negócios que satisfaçam as necessidades atuais sem diminuir a oportunidade das gerações futuras”, em atendimento ao Protocolo de Kioto.
- A previsão de que a produção mundial de petróleo atingirá o pico entre os anos de 2004 e 2008, as reservas mundiais, a partir daí, começarão a declinar, conforme Deffeyes (2001). Como o mercado de petróleo tem crescimento de 2% ao ano, a confirmação de tal premissa influenciará fortemente o mercado de produtos agrícolas que tenham aplicação como substituto de petróleo (Fig. 2).
- A necessidade de utilização de óleos diesel com baixíssimos teores de enxofre, por questões ambientais, exige aditivos para melhorar a qualidade de lubrificação do combustível. Dentre os aditivos pesquisados, os ésteres de óleos vegetais são os de mais baixo custo, e fazem parte da formulação de diversos óleos diesel premium, vendidos no mercado (Wedel, 1999).

Potencial de substituição dos combustíveis fósseis por biodiesel

O biodiesel é uma das fontes renováveis de energia, com potencial para substituir parte dos combustíveis fósseis e com limitação quanto ao potencial de substituição pelo grande volume de terras agricultáveis necessárias.

O petróleo é responsável, atualmente, pela geração de ~30% de toda a energia consumida na Terra, e não existem fontes de biomassa que permitam a sua substituição total. Na Tabela 3, apresenta-se a quantidade de áreas necessárias para substituição de 10% dos combustíveis fósseis, para diversas oleaginosas, comparada com a área total utilizada em agricultura no mundo.

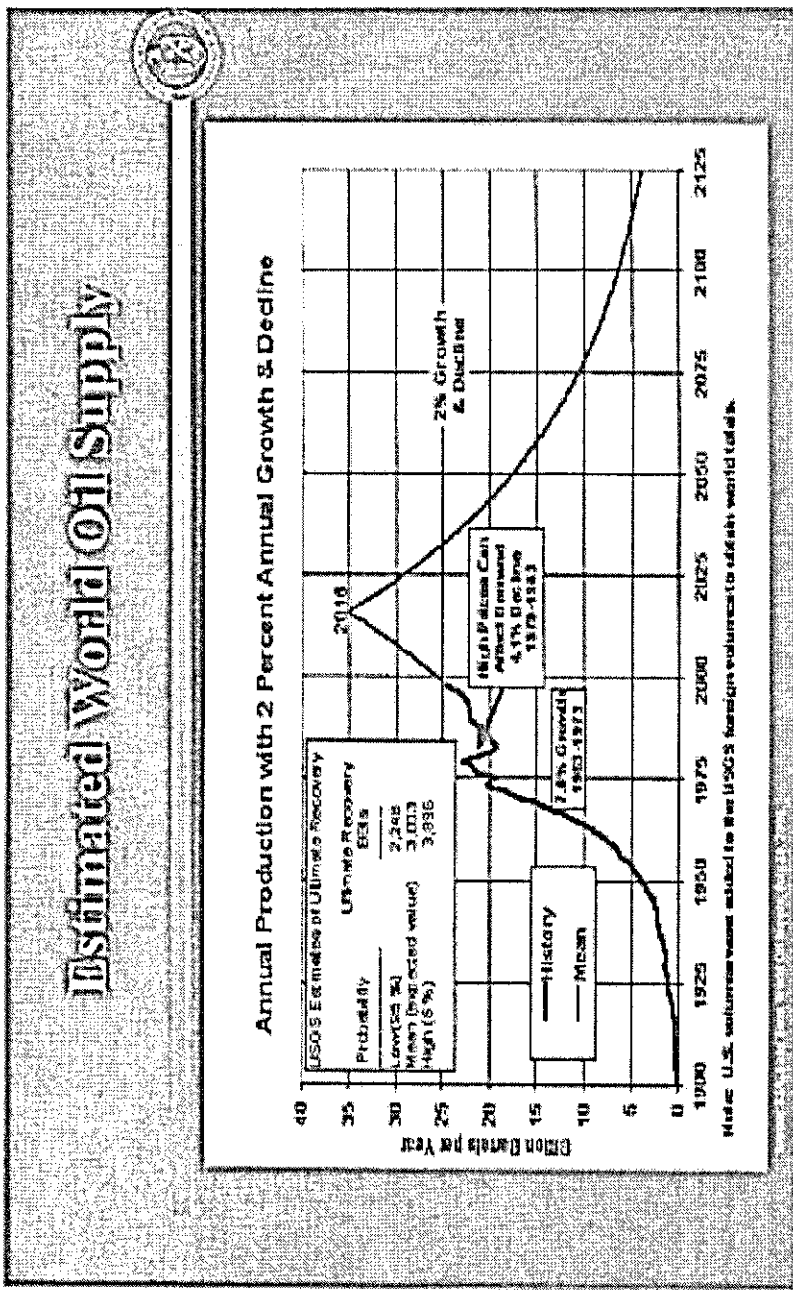


Fig. 2. Estimativa de comportamento da produção mundial de petróleo

Tabela 3. Área de plantio necessária para substituir 10% dos combustíveis fósseis com oleaginosas diversas, comparada com a área total utilizada em agricultura no mundo, 2002.

Tipo de biomassa	Área x10⁷ha	%
Biodiesel de colza	12	8,0
Biodiesel de palma	5	3,2
Biodiesel de soja	34,8	24,1

Nota: 1) Área total cultivada no mundo em 1992 = 144x10⁷ha

2) % = percentagem da área total agricultável

Fonte: Adaptada de International... (1999).

Na avaliação da Tabela 3, deve-se considerar que a colza só pode ser plantada em climas frios, a palma africana somente em climas tropicais e a soja tem limitações em função da baixa produtividade em óleo. Portanto, é uma utopia supor a possibilidade de resolver o problema de escassez de petróleo, utilizando somente biodiesel de óleo vegetal.

Potencial do biodiesel de palma para substituir 10% do consumo de diesel no Brasil

Na Tabela 4, demonstra-se a área de plantio necessária para substituição de 10% do óleo diesel, consumido no Brasil, com óleo de palma (774 mil hectares), para a geração de emprego e energia.

Tabela 4. Potencial do biodiesel de óleo de palma na geração de energia, empregos e necessidade de área plantada para substituição de 10% do óleo diesel consumido no Brasil.

Produto, balanço energético, área e empregos	Produção/ hectare ano
Óleo vegetal	5 toneladas de óleo de palma
	0,4 tonelada de óleo de palmiste
Biomassa p/ Cogeração (resíduos de processo)	5,5 toneladas de cachos vazios
	1,25 tonelada de cascas de amêndoas
	3 toneladas de fibras do mesocarpo
Balanço Energético	
Energia Aplicada GJ/ha	19,2
Energia Produzida GJ/ha	182,1
Razão	9,5
Área Necessária - ha	774.000
Produção Total / ano	
Óleo de Palma	3.870.000 toneladas
Óleo de Palmiste	310.000 toneladas
Energia (Excedente p/ Cogeração)	250 MWh
Empregos diretos - Agricultura	77.400

Fonte: Adaptada de Basiron & Darus (1996).

Biodiesel no Brasil

O uso experimental de biodiesel foi regulamentado pela Portaria ANP 240, de 25 de agosto de 2003, que é aplicável à comercialização de combustíveis, limitando em 20% o volume de éster que pode ser misturado ao diesel. Essa portaria, salvo melhor juízo, somente tem aplicação para o mercado de compra e venda de combustíveis, e não se aplica para produção e consumo próprio.

No Brasil, a especificação para regulamentação do uso de biodiesel está na fase de consulta pública, ressaltando-se que a Agência Nacional do Petróleo - ANP publicou nova versão da Portaria 255, de 15 de setembro de 2003.

Na Tabela 5, apresenta-se a especificação ANP e a sua comparação com as especificações européia e americana.

Tabela 5. Especificação ANP e sua comparação com as especificações americana e européia para o biodiesel B100.

Propriedades	ANP	Americana ASTM D-6751		Européia pr EN 14214	
	Limites	Limites	Métodos	Limites	Métodos
Ponto de fulgor (°C) mín.	100	130	D 93	101	ISO / CD 3679
Água e sedimentos(%vol.) máx.	0,05	0,05	D 2709	-	-
Viscosidade cin. 40°C (mm ² /s)	2,5 a 5,5	1,9 a 6,0	D 445	3,5 a 5,0	EN ISO 3104
Cinzas sulfatadas (%m/m), máx	0,02	0,02	D 874	0,02	ISO 3987
Enxofre (%m/m) máx	0,001	0,05	D 5453	0,001	EN ISO 14596
Corrosividade ao cobre 3h - 50°C, máx.	1	3	D 130	1	EN ISO 2160
N.º de cetano mín.	45	47	D 613	51	EN ISO 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio (°C) máx.	(1)	----	D -6371	-	-
Resíduo de carbono (%m/m) máx	0,05	0,05	D 4530	0,3	EN ISO 10370
Acidez de (mg de KOH/g) máx	0,8	0,8	D 664	0,5	prEN 14104
Glicerina livre (%m/m) máx.	0,02	0,02	D 6584	0,02	prEN 14105/14106
Glicerina total (%m/m) (máx. Aparência	0,38 LII (2)	0,24	D 6584	0,25	prEN 14105
Destilação 95% do recuperado, (°C), máx.	360	360(90% rec.)	D-1160	-----	-----
Massa específica a 20°C (kg/m ³)	850 - 900	-	1298/4052	860 a 900 a 15°C	EN ISO 3675/12185
Teor de metanol ou etanol (%m/m) máx.	0,5	-	-	0,2	prEN 14110
Índice de iodo máx	Anotar	-	-	120	prEN 14111
Monoglicérides (%m/m) máx.	1,00	-	D 6584	0,8	prEN 14105
Diglicérides (%m/m) máx	0,25	-	D 6584	0,2	prEN 14105
Triglicérides (%m/m) máx.	0,25	-	D 6584	0,2	prEN 14105
Teor de metais alcalinos (Na + K) (mg/kg) máx.	10	-	-	5	prEN 14108
Ca + Mg (mg/kg)	----	----	----	5	prEN 14108
Teor de fósforo (mg/kg) máx)	10	----	D 4951	10	prEN 14109
Estabilidade à oxidação a 110°C, (h) mín.	6	----	a definir	6	pr EN 14107
Contaminantes (mg/kg), máx.	----	----	----	24	EN ISO 12662
Éster (%m/m), mín.	----	----	----	96,5	pr EN 14103
Ésteres metlicos do ác.	----	----	----	12	pr EN 14103
Linolênico(%m/m) máx.	----	----	----	----	----
Poliinsaturados > 4 duplas ligações máx.	----	----	----	1	Em elaboração

(1) Deverá obedecer aos limites estabelecidos para ponto de entupimento na Portaria nº 310/01 da ANP, reportados na Tabela II da referida portaria.

(2) Límpido e isento de impurezas.

Fonte: Agência... (2003).

Vantagens ambientais

Quando se discute a utilização de combustíveis alternativos, sob o ponto de vista ambiental, tem-se sempre em foco o rendimento energético e a emissão de gases, somente quando este está sendo consumido (queimado). Sob esta ótica, um combustível limpo é aquele que apresenta bom resultado no desempenho do motor e baixo índice de emissão de gases para a atmosfera, não se atentando para o que acontece durante o processo de obtenção do produto.

O estudo dos consumos de energia e emissão de gases em cada etapa da cadeia produtiva, da fonte primária de produção até o uso final como combustível, permite quantificar o ganho ou perda real em relação ao óleo diesel, que é o combustível de referência.

Na Fig. 3, verificam-se, de forma detalhada, os diferentes pontos da cadeia de produção do óleo de palma, onde ocorre consumo de energia e emissão de gases para a atmosfera.

O Empreendimento

Para avaliação dos custos de produção, foi definido um modelo agroindustrial de acordo com o padrão usual de empreendimentos de sucesso comprovado, o qual pode ser implantado em regime de cooperativa de pequenos produtores ou por empreendedor isolado. O empreendimento proposto tem como meta a produção de 50 mil toneladas de éster de óleo de palma para utilização como substituto de óleo diesel.

Para atingir o objetivo proposto, será necessário implantar:

- O plantio de palma africana.
- A agroindústria de extração de óleo de palma.
- A planta de produção de éster de palma.
- A logística de distribuição da produção.

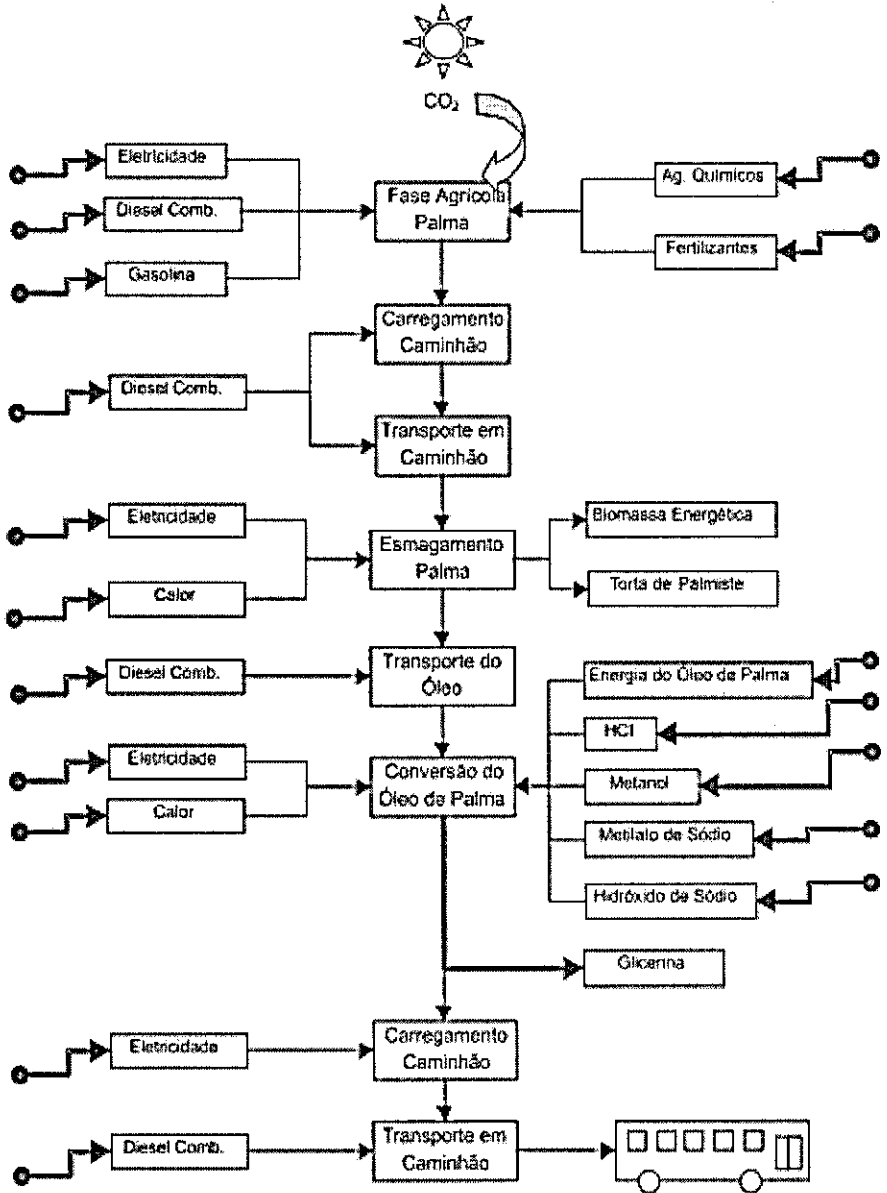


Fig. 3. Cadeia de produção do biodiesel de óleo de palma.

Dimensionamento/localização do empreendimento

Agroindústria de óleo de palma - localização.

A localização definitiva estará sempre na área classificada como boa para plantio nos mapas de aptidão climática. O estudo projeta a implantação agroindustrial em áreas a serem definidas na fase de detalhamento do projeto.

Dimensionamento do plantio/indústria de extração

A agroindústria de palma africana se caracteriza por exigir grande contingente de mão-de-obra e beneficiamento dos frutos colhidos em, no máximo, 24 horas. Isso faz com que haja necessidade da implantação de módulos independentes de produção, cujo tamanho está limitado em função da distância máxima entre o plantio e a indústria de extração.

O módulo padrão é:

- Plantio: 6 mil hectares
- Indústria de extração de óleo bruto: 36 tcf/h.

Para este estudo, definiram-se os seguintes parâmetros para o dimensionamento:

- Produção anual/produktividade

A produtividade anual máxima, considerada, é de 25 tcf/ha com teor máximo de óleo de palma bruto (CPO) de 22% e óleo de palmiste (PKO) de 2%.

O ciclo de produção, considerado, corresponde a uma produtividade anual média de quatro toneladas de óleo de palma bruto + uma tonelada de óleo de palmiste, durante o ciclo de vida do plantio.

A produtividade média total é de cinco toneladas de óleo por hectare.

- Produção mensal máxima: 14% da produção anual, com a indústria operando, neste mês, durante 600 horas.

tcff/h - toneladas de cachos de frutos frescos por hora de operação - é a unidade usada para identificar capacidade produtiva de plantas de extração de óleo bruto de palma.

CPO – é a abreviação de “crude palm oil”, nome comercial do óleo de palma bruto no mercado mundial.

PKO – é a abreviação de “palm kernel oil”, nome comercial do óleo de palmiste no mercado mundial.

A produção anual durante a vida útil do plantio, estimada para este estudo, está indicada na Tabela 6.

Tabela 6. Produtividade estimada durante a vida útil do plantio.

Projeção da produção					
Ano	tcff/ha	Ano	tcff/ha	Ano	tcff/ha
N-2	0,00	N+8	25,00	N+18	22,00
N-1	0,00	N+9	25,00	N+19	20,00
N 0	0,00	N+10	25,00	N+20	18,00
N+1	0,00	N+11	25,00	N+21	17,00
N+2	0,00	N+12	25,00	N+22	16,00
N+3	5,00	N+13	25,00	N+23	15,00
N+4	10,00	N+14	25,00	N+24	15,00
N+5	15,00	N+15	25,00	N+25	10,00
N+6	20,00	N+16	22,00	N+26	10,00
N+7	25,00	N+17	22,00		

A partir dos fatores descritos, define-se o modelo de implantação do empreendimento agrícola, conforme apresentado a seguir:

- Empreendimento agrícola

Plantio de 2 módulos agrícolas de 6.000 hectares de palma africana, totalizando 12.000 hectares e instalação de 2 plantas de extração de óleo de palma/palmiste, com capacidade de extração de 36 tcf/h e de 2 t/h de amêndoas.

Neste modelo, pode-se obter a seguinte produção:

Início – Ano N + 3 = 6.600t CPO + 600t PKO

Ano N + 6 = 46.200t CPO + 4.200t PKO

Ano N + 8 = 66.000t CPO + 6.000t PKO

Ano N + - = - - - - -

- Planta de biodiesel

Implantação de 1 planta de éster de palma (biodiesel), com capacidade anual de 50 mil toneladas.

Tecnologia

Planta de extração de óleo de palma e palmiste

O processo de extração é por prensagem, conforme representação esquemática demonstrada na Fig. 4.

Existem vários fabricantes no exterior e no Brasil que constroem essas plantas com capacidade e equipamentos padronizados. As plantas modernas têm equipamentos praticamente idênticos. Como nenhum fabricante produz a totalidade dos equipamentos, o melhor projeto pode ser desenvolvido a partir da compra de produtos de diversos fabricantes.

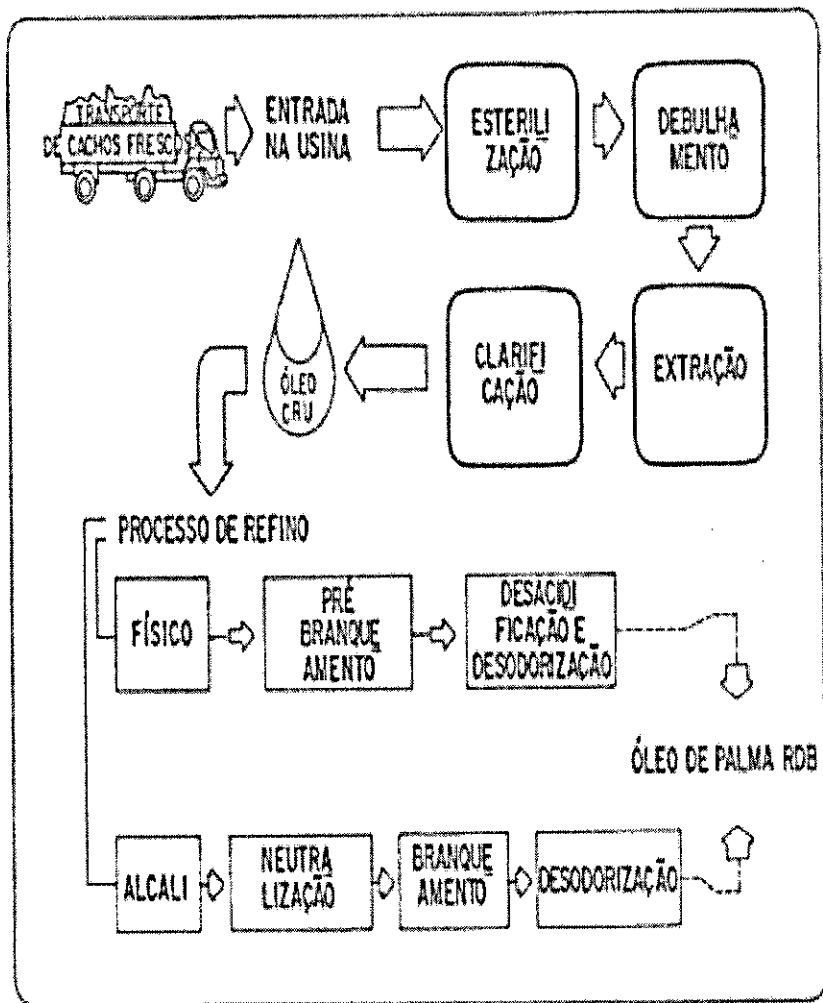


Fig. 4. Extração e beneficiamento de óleo de palma – fluxograma.

Fonte: Adaptada de Malaysian (1996).

Planta de produção de éster de palma

A planta de produção de éster de palma será implantada somente no 5º ano após o início do plantio. Como os custos das diversas tecnologias são próximos, não necessitam de definição de rota de produção nessa fase. Estudou-se, somente o custo de produção de metil éster de palma, com a utilização de metanol de produção nacional ou importado.

Insumos/produtos/subprodutos/efluentes

Cadeia agroindustrial

Insumos

Na agroindústria de óleo de palma, os principais insumos são:

- Sementes germinadas

É o mais importante insumo da cadeia. A escolha das sementes apropriadas para as condições de clima, solo e do local de implantação do projeto é fundamental para o sucesso do empreendimento.

As sementes em produção comercial estão divididas em duas categorias, conforme a base genética dos genitores masculinos "La Mé ou Yangambi". Os genitores femininos têm a mesma origem "Deli". As sementes produzidas pelos programas de origem francesa são do tipo "Deli X La Mé". Os programas de origem inglesa são do tipo "Deli X Yangambi".

Em plantios em larga escala, geralmente se usam sementes de diversas procedências.

No Brasil, a Embrapa tem um dos mais completos bancos de germoplasma de palma africana e um centro de produção de sementes na Embrapa Amazônia Ocidental. Os produtos da Embrapa têm apresentado excelentes resultados no Estado do Pará. Além da Embrapa, a Ceplac-BA possui um banco de germoplasma na Estação de Una, que está sendo reativado para a produção de sementes.

Existem diversos fornecedores em outros países como Costa Rica, Malásia, Papua - Nova Guiné, Colômbia, Zaire, etc.

- Aduos

Os principais elementos utilizados no ciclo agrícola da palma africana são o nitrogênio, o fósforo, o potássio, o magnésio e o boro.

- Defensivos

Na cultura de dendezeiro, os defensivos agrícolas são usados em pequena escala e não têm grande impacto no custo de produção, sendo necessários formicidas, raticidas e inseticidas.

- Óleo diesel

O manejo de um projeto moderno envolve o uso de uma considerável frota de tratores, caminhões e utilitários, fazendo com que o consumo de óleo diesel seja relevante no custo final de produção. Todo o óleo diesel, consumido no empreendimento, pode ser substituído pelo biodiesel.

- Energia elétrica

Toda a energia elétrica necessária pode ser produzida a partir de geração própria, utilizando as fibras e as cascas, subprodutos do processo industrial, como combustível. Há necessidade de grupo motor gerador reserva, exclusivamente para atender os períodos de baixo consumo ou paralisação de produção.

Produtos, subprodutos e efluentes

Os produtos, subprodutos e efluentes são:

Produtos:

- CPO – “Crude Palm Oil” - óleo de palma bruto

Óleo extraído da polpa do fruto. Para cada 100 toneladas de cachos processados, podem ser obtidas 22 toneladas do produto.

- PKO - "Palm Kernel Oil" - óleo de palmiste

Óleo extraído da amêndoa dos frutos. Para cada 100 toneladas de cachos processados, são obtidas 2 toneladas do produto. É um óleo láurico, essencial na indústria de sabões. Esse óleo também podese esterificado e utilizado como combustível.

- PKC - "Palm Kernel Cake" - torta de palmiste

Torta residual do processo de extração do óleo de palmiste. Para cada 100 toneladas de cachos de frutos processados, são obtidas 3 toneladas. Pode ser utilizada também como ração protéica ou como adubo orgânico.

Subprodutos:

- Cachos vazios

É o primeiro subproduto do processo de industrialização. Para cada 100 toneladas de cachos de frutos processados, são obtidas de 22 a 25 toneladas. É utilizado como adubo orgânico ou como combustível, quando ocorre cogeração de energia na usina de processamento de frutos.

- Cascas de palmiste

O endocarpo do fruto, também chamado de casca da amêndoa do fruto, é outro subproduto do processo de industrialização. Para cada 100 toneladas de cachos de frutos processados, são obtidas 5 toneladas de cascas. Esse produto tem alto valor energético e é utilizado como combustível na caldeira para geração de vapor, e pode ainda ser usado como matéria-prima para produção de carvão ativado.

- Fibras do mesocarpo

São as fibras contidas na polpa do fruto. Para cada 100 toneladas de cachos de frutos processados, são obtidas 12 toneladas. As fibras têm alto valor energético e são utilizadas como combustível na caldeira de geração de vapor.

Efluente:

- POME – “Palm Oil Mill Effluent”

É o efluente líquido do processo de extração de óleo de palma e palmiste. Para cada 100 toneladas de cachos de frutos processados, são produzidas 55 toneladas de POME. O efluente é rico em matérias orgânicas e após tratamento adequado, retorna ao campo como adubo orgânico.

No fluxograma de massa (Fig. 5), estão representadas as quantidades de produtos e subprodutos gerados e as fases do processo onde são obtidos.

Na Tabela 7, estão quantificados os produtos e subprodutos obtidos em cada mil hectares de plantio de dendezeiros, ano a ano, indicando a necessidade de planejamento.

Produção de biodiesel

Insumos

Os principais insumos da rota metílica são:

- CPO

O óleo de palma bruto (CPO) é o principal insumo do processo, e é produzido no projeto agroindustrial.

- Ácido Fosfórico

Utilizado no processo de neutralização do óleo de palma, é produzido no Sul/Sudeste do Brasil.

- Metanol

Álcool metílico produzido a partir da síntese de gás natural ou a partir de biomassa (madeira). É o álcool utilizado no processo de esterificação. Produto tóxico, inflamável, exige cuidados especiais de segurança no manuseio, e pode

ser adquirido de fornecedor nacional ou estrangeiro. Pela sua característica é recomendável que seja adquirido de distribuidor de derivados de petróleo em contrato tipo "Just in Time". O processo exige metanol com pureza de 99,85%, com pré-tratamento de desumidificação do produto antes do uso.

Plantação de palma

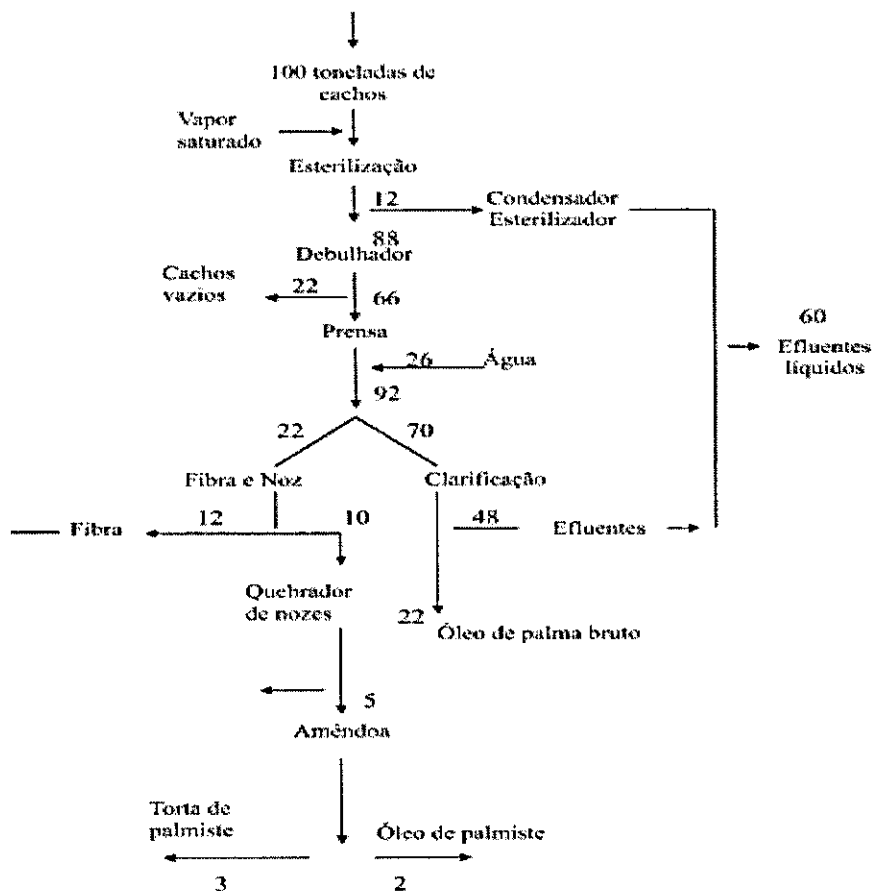


Fig. 5. Fluxograma de massa para extração dos óleos de palma e palmiste; valores percentuais de cada etapa do processo.

Fonte: Dados fornecidos pela empresa Promak/Tecnopalma, Rod. BR 316, km 63 - CEP 68741-740. Castanhal, PA.

Tabela 7. Produtos e subprodutos obtidos na colheita e beneficiamento de plantio com mil hectares de dendzeiros.

Ano	t cachos por ha	CFF (t)	CPO (t)	PKO (t)	PKC (t)	Fibras(t)	Cascas (t)	Cachos Vazios (t)	POME (m³)
N-2	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
N-1	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
N 0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
N+1	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
N+2	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0
N+3	5,00	5000	1100	100	150	3000	1250	5500	2750
N+4	10,00	10000	2200	200	300	6000	2500	11000	5500
N+5	15,00	15000	3300	300	450	9000	3750	16500	8250
N+6	20,00	20000	4400	400	600	12000	5000	22000	11000
N+7	25,00	25000	5500	500	750	15000	6250	27500	13750
N+8	25,00	25000	5500	500	750	15000	6250	27500	13750
N+9	25,00	25000	5500	500	750	15000	6250	2500	13750
N+10	25,00	25000	5500	500	750	15000	6250	27500	13750
N+11	25,00	25000	5500	500	750	15000	6250	27500	13750
N+12	25,00	25000	5500	500	750	15000	6250	27500	13750
N+13	25,00	25000	5500	500	750	15000	6250	27500	13750
N+14	25,00	25000	5500	500	750	15000	6250	27500	13750
N+15	25,00	25000	5500	500	750	15000	6250	27500	13750
N+16	22,00	22000	4840	440	660	13200	5500	24200	12100
N+17	22,00	22000	4840	440	660	13200	5500	24200	12100
N+18	22,00	22000	4840	440	660	13200	7700	24200	12100
N+19	20,00	20000	4400	400	600	12000	5000	22000	11000
N+20	18,00	18000	3960	360	540	10800	4500	19800	9900
N+21	17,00	17000	3740	340	510	10200	4250	18700	9350
N+22	16,00	16000	3300	320	480	9600	4000	17600	8250
N+23	15,00	15000	3300	300	450	9000	3750	16500	8250
N+24	15,00	15000	3300	300	450	9000	3750	16500	8250
N+25	10,00	10000	2200	200	300	6000	2500	11000	5500
N+26	10,00	10000	2200	200	300	6000	2500	11000	5500

- Metilato de Sódio

Catalisador utilizado para acelerar o processo de esterificação. Produto tóxico e inflamável, mas usado em menores quantidades que o metanol. Não é produzido no Brasil e pode ser adquirido de distribuidor nacional ou por importação direta.

- Acido Hidroclorídrico.

Utilizado no processo de esterificação é produzido em larga escala no Sul/Sudeste do Brasil.

- Hidróxido de Sódio

Utilizado no processo de esterificação, pode se adquirido de fabricante nacional ou por importação direta.

Produtos, subprodutos e efluentes

Na Tabela 8, estão listados os produtos, subprodutos e efluentes obtidos com o processamento de 51.500 toneladas de óleo de palma/ano, utilizando a rota metílica.

Tabela 8. Produtos, subprodutos e efluentes, obtidos a partir do processamento de óleo de palma pela rota metílica*.

Produto/subproduto/efluente	Quantidade
Metil éster de palma	50.000 t
Glicerina bruta	6.250 t
Ácidos graxos	320t
Gases contaminados	12Nm ³ /h operação com Max. 1 kg metanol
Águas residuais	60 kg/h de operação
Água de selagem	1m ³ /h de operação

* Estudo realizado pelos autores baseados em dados da Lurgi do Brasil

- Metil éster de palma – MEP

Produto resultante do processo de esterificação de óleo de palma, denominado comercialmente de biodiesel. Na Tabela 9, apresentam-se as principais características físico-químicas do óleo de palma, do metil éster de palma e do óleo diesel.

Tabela 9. Propriedades físicas e químicas do óleo de palma, do metil éster de palma e do óleo diesel.

Descrição	Unidade	CPO	MEP	O.D.
Peso específico	g/cm ³ @15°C	0,915	0,87	0,83
Viscosidade cinemática	cST@37,8°C	36,8	4,4 @40°C	2,0 - 4,3
Poder calorífico	Kcal/kg	8946	9618	10950
Flash point	°C	240	174	98
Número de cetano		37	62,4	40
Índice de Iodo		53 - 57	51 - 55	-
CCR-carbon residue	% massa	1,34	0,02	0,14
Umidade	% massa	0,3	0,1	-

CPO = Óleo de Palma Bruto

MEP = Metil Éster de Palma

OD = Óleo Diesel

Fonte: Choo et al. (1995). Com incorporação especificação diesel - Brasil.

- Glicerina bruta

É subproduto do processo de esterificação. Para cada tonelada de éster produzido, obtêm-se 182 kg de glicerina bruta, a qual é matéria-prima importante em diversos setores industriais. A produção obtida poderá ser comercializada no mercado das Regiões Norte e Nordeste. A glicerina é utilizada na indústria de sabões e sabonetes, de cosméticos, farmacêutica e química geral.

Segundo a Empresa Aboissa, que comercializa este produto, o Brasil ainda importa uma pequena quantidade de glicerina. Com exceção de dois produtores de óleo de mamona, que produzem pequena quantidade de glicerina de origem vegetal, a glicerina produzida no Brasil é de origem animal. Segunda essa mesma fonte, o mercado, atualmente, é comprador e não há a possibilidade de excesso de produção de glicerina a curto e médio prazos.

- **Ácidos graxos**

É um resíduo gerado no processo de neutralização do óleo de palma bruto. O volume gerado é variável em função da acidez do óleo processado. Para o óleo especificado, tem-se uma produção de 320 t/ano. Esse produto é matéria-prima usual na indústria de sabões, sendo facilmente comercializado.

- **Gases contaminados**

São produzidos em pequeno volume e expelidos para a atmosfera, não precisando de tratamento adicional, mas necessitando do monitoramento da qualidade desse resíduo.

- **Águas residuais e de selagem**

Com baixo teor de contaminantes precisam passar por estação de tratamento e controle antes de serem descartadas, necessitando do monitoramento da qualidade desse resíduo.

Custo de implantação da agroindústria de óleo de palma

Conceito de implantação

O empreendimento deverá evidenciar, desde o início, os seguintes conceitos:

- 5F, no qual há total aproveitamento de todos os subprodutos e aplicação destes nas cadeias produtivas de Alimentos (Food), Combustíveis (Fuel), Fertilizantes (Fertilizer), Ração Animal (Feedstock) e Insumos (Feed). Isto é, ele atende a qualquer dessas cadeias (Fig. 6).
- Plantio como sumidouro (poço) de carbono (cada hectare de palma africana seqüestra, aproximadamente, 36 toneladas de carbono).
- Reflorestamento, com recuperação de áreas desflorestadas. Não estão previstos custos de derrubada de floresta. Todo o projeto deverá ser implantado em áreas, comprovadamente, alteradas.

- Permitir parcerias/integração com pequenos e médios produtores agrícolas, complementando o módulo padrão.
- Cogeração de energia com os resíduos do processo.
- Aproveitamento integral dos resíduos do processo agroindustrial como adubo orgânico, quando não utilizados para geração de energia.

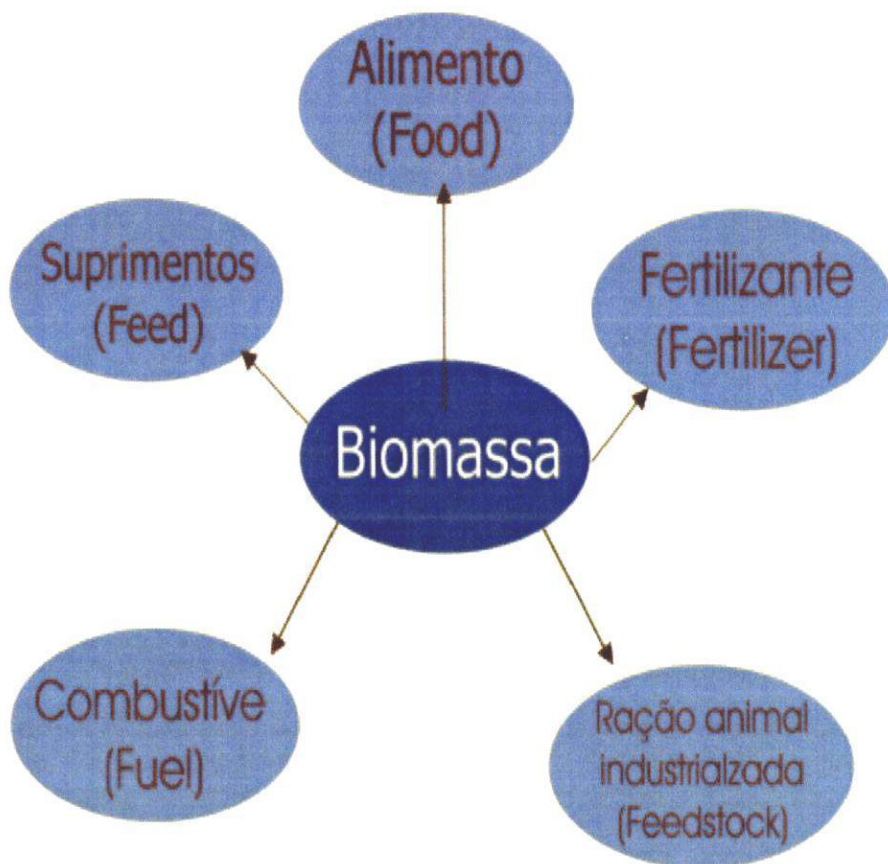


Fig. 6. Diagrama 5F - otimização do uso da biomassa.
Fonte: Parikh citado por Sachs (2000).

Local de implantação

Os módulos de produção agrícola devem ser implantados, preferencialmente em áreas com aptidão excelente para a cultura e com boa infra-estrutura de escoamento da produção.

Custo de implantação do plantio

Custo de plantio, fase não-produtiva:

Os custos de implantação, fase não-produtiva, estão indicados na Tabela 10.

Tabela 10. Custo agrícola necessário para implantação de um hectare de dendezeiro.

	US\$	N-2	N-1	NO	N+1	N+2
Mudas	231,00	146,00	85,00			
Preparo da área	260,00		210,00	50,00		
Plantio	50,00			50,00		
Man. plantio não-produtivo	550,00			150,00	200,00	200,00
Fertilizantes	265,00			70,00	90,00	105,00
Insumos diversos	82,00			21,00	28,00	33,00
Total	1.438,00	146,00	295,00	341,00	318,00	338,00

Custo da terra

O custo da terra foi considerado para permitir uma avaliação real do empreendimento.

Atribuiu-se no estudo, que seja possível a utilização de 50% das áreas totais, quando do plantio em áreas alteradas, permanecendo o restante como área de reserva ambiental. Considerando-se as características da região, que apresenta grande quantidade de nascentes e riachos (igarapés), esse percentual não fica muito diferente do disposto pelo código florestal de 1930.

Recomenda-se, na fase de detalhamento do projeto, negociar tal condição diretamente com as autoridades constituídas, pois há diversas opções aceitáveis, como, por exemplo, reserva legal fora da área de projeto.

O custo médio da terra na região varia de US\$ 20,00 a US\$ 100,00 por hectare. Este valor varia basicamente em função do percentual de áreas aproveitáveis, facilidade de acesso, regularidade fundiária e infra-estrutura disponível (energia, asfalto, etc.).

Neste estudo, foi considerado o valor máximo para esse item, pois se entende que ele terá influência nos resultados ao longo de toda a vida útil do empreendimento (Tabela 11).

Custo total de implantação do empreendimento agroindustrial

Estabeleceu-se, com base nas informações citadas, um empreendimento com 12 mil hectares de dendezeiros e 2 indústrias de extração de óleo com capacidade de 36 tcff/h. O custo total de implantação do projeto agroindustrial é demonstrado na Tabela 11.

Tabela 11. Custo total de implantação de projeto agroindustrial de óleo de palma com 12 mil ha e capacidade de processamento de 36 tcff/h.

Descrição	Módulo	Custo/Módulo	Total (US\$)
Terras	02	1.200.000	2.400.000
Implantação do plantio	02	8.628.000	17.256.000
Equipamentos e infra-estrutura agrícola	02	2.991.000	5.982.000
Indústrias de extração	02	4.711.500	9.423.000
Infra-estrutura Administrativa	01	1.636.105	1.636.105
Total do investimento			36.697.105

Custo de implantação da planta de biodiesel

Local de implantação

A planta de biodiesel deverá ser implantada junto a uma das indústrias de extração.

Custo da planta de processo

O custo da planta de produção de metil éster foi estimado, conforme se observa na Tabela 12.

Tabela 12. Custo de produção da planta de produção de metil éster.

Item	Custo (US\$)
Planta de processo	5.769.500
Sistemas auxiliares	2.884.750
Contingenciamento (10%)	865.425
Custo Total	9.519.675

Custo total de implantação do empreendimento

O custo total de implantação está discriminado na Tabela 13.

Tabela 13. Custo total de implantação do empreendimento.

Item	Custo (US\$)
Plantio	25.638.000
Indústrias de extração	9.423.000
Estrutura administrativa	1.636.105
Planta de metil éster	9.519.675
Investimento Total	46.216.780

Cronograma financeiro de implantação

A implantação do empreendimento é feita em etapas e os desembolsos financeiros ao longo de 9 anos, como detalhados na Tabela 14.

As seguintes premissas foram consideradas:

- Implantação de um módulo agrícola por ano.
- Uma indústria de extração, operando no início do ano N+3 e a 2ª no ano N+6.
- Planta de metil éster operando a partir do ano N+3.
- Investimento na planta de extração de óleo; 30% no 1º ano, 50% no 2º ano e 20% no 3º ano de contratação.
- Investimento na planta de biodiesel; 70% no 1º ano e 30% no 2º ano de contratação.

Tabela 14. Cronograma financeiro de investimento (US\$).

Descrição	Ano N-2	Ano N-1	Ano N-0	Ano N+1	Ano N+2	Ano N+3	Ano N+4	Ano N+5	Ano N+6	Ano N+7	Total
Inv. agrícola											
Plantio módulo 1											
Terras	2.400.000										2.400.000
Impl. plantio	876.000	1.770.000	2.046.000	1.908.000	2.028.000						8.628.000
Infra-estrutura		1.680.000	420.000			645.000	246.000				2.991.000
Plantio modulo 2											
Terras											
Impl. plantio		876.000	1.770.000	2.046.000	1.908.000	2.028.000					8.628.000
Infra-estrutura			1.680.000	420.000			645.000	246.000			2.991.000
Indústria extração óleo 1											
Equipamentos				1.413.500	2.355.750						4.711.550
Estrutura administrativa		818.050	409.025								1.636.105
Indústria extração óleo 2											
Equipamentos								1.413.500	2.355.750	942.300	4.711.550
Investimento agroind.	4.094.050	4.735.025	7.738.530	6.729.750	4.878.300	2.673.000	891.000	1.659.500	2.355.750	942.300	36.697.205
Planta biodiesel											
					6.663.772	2.855.903					9.519.675
Total geral	4.094.050	4.735.025	7.738.530	6.729.750	11.542.072	5.528.903	891.000	1.659.500	2.355.750	942.300	46.216.880

Estimativa dos custos de produção

Óleo de palma

O cálculo do custo de produção de óleo de palma é obtido a partir dos dados do processo produtivo (Fig. 7), e estão representados na Tabela 15.

Os cálculos foram efetuados a partir de dados atualizados em dezembro de 2003.

Tabela 15. Custo de produção de óleo palma.

Ano	Prod Anual Óleo (t)	Custo US\$/t
N - 2	0	
N - 1	0	
N - 0	0	
N + 1	0	
N + 2	0	
N + 3	7200	642,54
N + 4	21600	398,03
N + 5	36000	243,85
N + 6	50400	194,99
N + 7	64800	173,93
N + 8	72000	160,39
N + 9	72000	160,39
N+10	72000	160,39
N+11	72000	160,39
N+12	72000	160,39
N+13	72000	153,99
N+14	72000	153,99
N+15	72000	153,99
N+16	67680	159,71
N+17	63360	163,21
N+18	63360	163,21
N+19	60480	169,48
N+20	54720	176,57
N+21	50400	185,85
N+22	47520	193,26
N+23	44640	201,32
N+24	43200	202,35
N+25	36000	229,05
N+26	28800	269,46

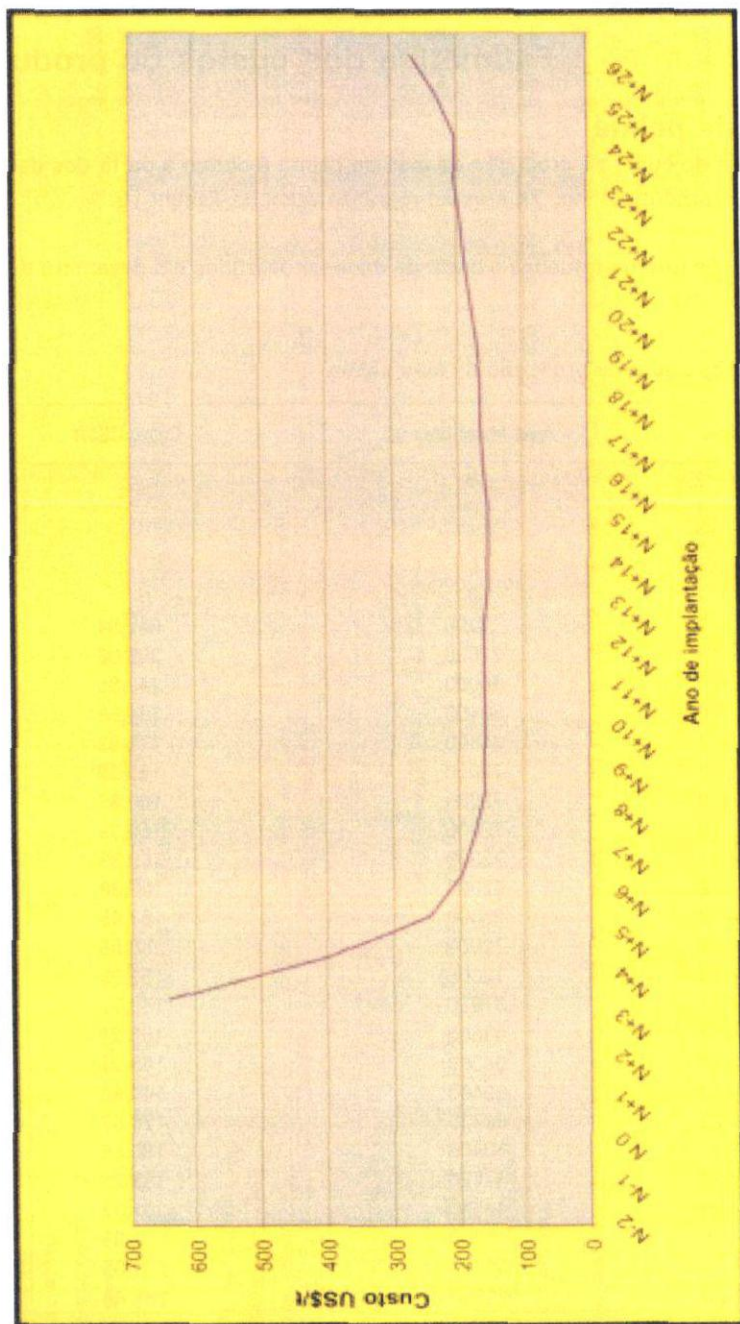


Fig. 7. Custo de produção do óleo de palma em módulo de 12.000 ha, divididos em 2 módulos de 6.000 ha.

Metil éster de palma

Na Tabela 16, detalha-se a origem e a quantidade necessária de insumos para produção de 50 mil toneladas de metil éster.

Tabela 16. Insumos necessários para produção de 50 mil toneladas de metil éster*.

Produto	Quantidade	Origem
Óleo de palma bruto	51.500 t	Produção própria
Ácido fosfórico 75-85%	156 t	Sul/Sudeste - Brasil
Hidróxido de sódio 50%	258 t	Sul/Sudeste - Brasil
Ácido hidrolorídrico (37%)	500 t	Sul/Sudeste - Brasil
Metilato de sódio (30%)	875 t	Importado
Metanol (99,85%)	4.800 t	(Importado/Nacional)

*Estudo realizado pelos autores baseados em dados da Lurgi do Brasil.

Custo de produção de metil éster de palma

O estudo de sensibilidade, considerando os valores de insumos e variação do preço do óleo bruto usado na produção, está detalhado na Tabela 17 e na Fig. 8. O custo de produção de metil éster foi calculado com base no preço de insumos em dezembro de 2003.

Tabela 17. Custo de produção metil éster: análise de sensibilidade.

Custo de produção/aquisição do óleo de palma (US\$/t)	Custo de produção do metil éster de palma (US\$/t)	Custo de produção do metil éster (US\$/L)
150	223,72	0,195
200	275,22	0,239
250	326,72	0,284
300	378,22	0,329
350	429,72	0,374
400	481,22	0,419
420	501,83	0,436
500	584,22	0,508

Nota: densidade do metil éster de palma = 0,870 = 1.149 litros/tonelada

Na Fig. 9, representa-se o comportamento dos custos de produção de metil éster, ao longo do projeto.

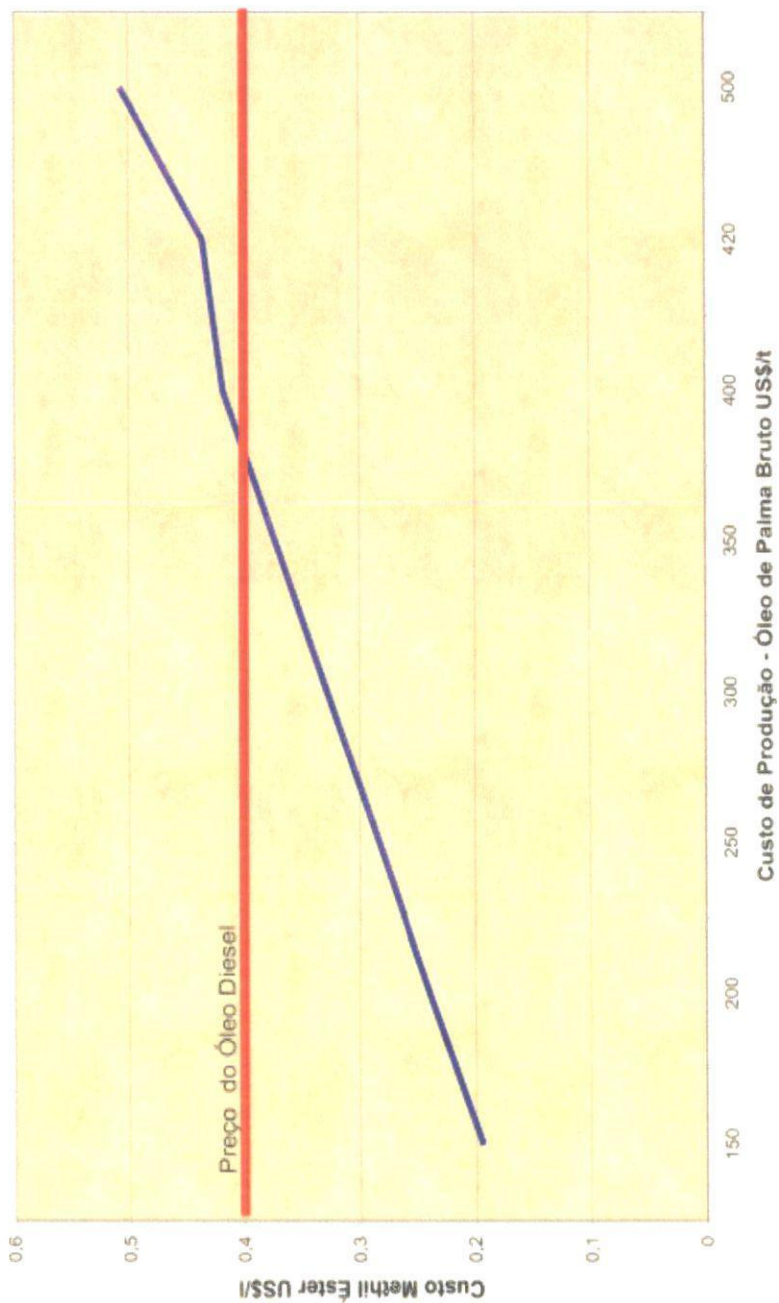


Fig. 8. Custo de produção de metil éster de palma.

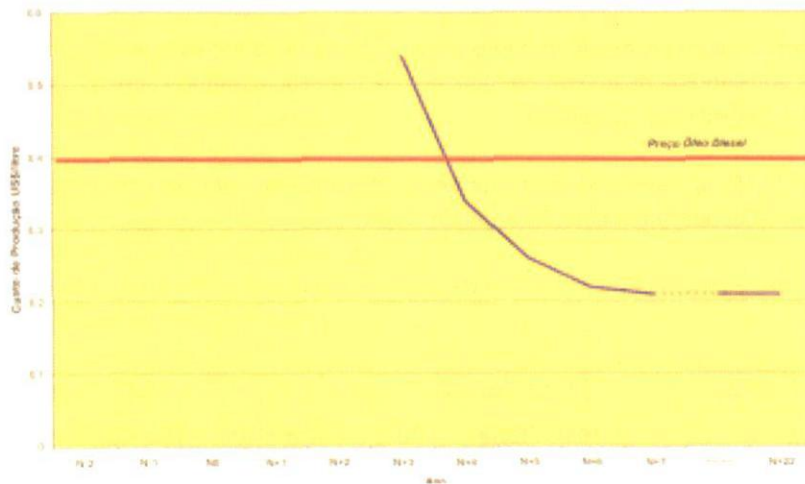


Fig. 9. Custo de produção metil éster de palma.

Estudo do impacto ambiental

Recuperação de áreas alteradas

O estudo proposto se baseia na implantação da produção agrícola em áreas alteradas e subutilizadas. O estabelecimento de projeto dessa natureza trará ganhos ambientais, em função do reflorestamento proporcionado pelo plantio de palma africana - "dendezeiro".

O conceito de reflorestamento com espécies produtivas é uma tendência mundial e, segundo estudo da FAO, publicado em 1997, o mundo perde 13 milhões de hectares de florestas nativas por ano. Entretanto, nos 15 anos anteriores, foram plantados 80 milhões de hectares de florestas produtivas (Szirmai, 2003).

Seqüestro de carbono

Os estudos sobre o potencial de seqüestro de carbono (poço de carbono) na cultura da palma africana estão sendo efetuados por várias instituições no mundo e apresentam resultados iniciais altos. Quando comparado com outros tipos de reflorestamento como floresta de eucalipto, a palma africana, retém até três vezes mais carbono (Veiga, 2000). Os plantios novos de palma podem ser registrados como poços de carbono em programas de redução de emissões de

CO₂, previstos no protocolo de Kioto. A quantificação do impacto econômico não foi considerada neste estudo, pois não há consenso, ainda, sobre a metodologia aplicada no cálculo.

Na Tabela 18, apresenta-se uma estimativa para seqüestro de carbono em plantios de dendezeiros com 15 anos de idade.

Tabela 18. Estimativa do seqüestro de carbono por dendezeiros com 15 anos de idade.

Estrutura da planta	Fator de residência	t de carbono/ha/ano	Carbono estocado t/ha
Folhas	2,0	6,54	13,06
Tronco	15,0	0,93	13,95
Raízes	15,0	0,22	3,3
Inflorescências	1,0	0,37	0,37
Cachos	1,0	5,19	5,19
Total		13,25	35,87

Fonte: Torres (1991).

Pelo seu potencial de absorção de carbono e valor econômico da produção de óleo, o "agronegócio palma" é o mais vantajoso em projetos específicos voltados para o mercado criado pelo Protocolo de Kyoto.

A avaliação qualitativa das emissões do biodiesel apresenta os seguintes resultados e vantagens em relação ao diesel (Brasil, 200-; Nigro, 2003):

- Grande redução de CO.
- Redução significativa de HC.
- Manutenção ou pequeno aumento de NOx.
- Grande redução de fumaça preta.
- Aumento de fumaça branca.
- Eliminação de enxofre e dos compostos aromáticos.

Impacto social

A implantação desse tipo de empreendimento pioneiro terá forte impacto na Região Norte. O projeto gera empregos diretos e permanentes para a população com baixa qualificação profissional.

O agronegócio de palma, atualmente, é uma das atividades agrícolas que mais emprega no mundo, tomando-se para cálculo o número de hectares plantados.

Pelos dados apresentados na Tabela 19, verifica-se o total de empregos diretos e salários anuais, gerados pelo empreendimento, com 12 mil ha de dendezaís.

Tabela 19. Geração de empregos e renda na agroindústria de palma.

Ano	Massa salarial/ano (US\$)	Nº de Empregos/Ano
N + 4	3463430	1101
N + 5	3184358	1006
N + 6	3616186	1153
N + 7	4365274	1408
N + 8	4682534	1372
N + 9	5250960	1372
N+10	5250960	1372
N+11	5250960	1372
N+12	5250960	1372
N+13	5250960	1372
N+14	5250960	1372
N+15	5250960	1372
N+16	4142016	1332
N+17	4012762	1288
N+18	4012762	1288
N+19	4012762	1258
N+20	3748377	1198
N+21	3616186	1153
N+22	3539808	1127
N+23	3451680	1097
N+24	3407616	1082
N+25	3184358	1006
N+26	2969914	933

O principal impacto econômico e social a ser considerado, para esse tipo de empreendimento, é o potencial que o agronegócio "Palma" tem de se transformar na principal atividade agrícola da Região Norte, contribuindo para a recuperação de áreas degradadas e geração em massa de empregos, utilizando mão-de-obra de baixa qualificação.

Conclusão

Os números obtidos neste estudo de viabilidade técnica e econômica de produção de éster de óleo de palma mostram que:

- A implantação desse tipo de empreendimento é recomendável sob os aspectos econômico, ambiental e social.
- A viabilidade econômica do empreendimento não se limita, exclusivamente, ao programa de substituição de óleo diesel. O metil éster de palma é utilizado em larga escala como matéria-prima nas indústrias de cosméticos, de detergentes, têxtil, de lubrificantes sintéticos, etc. Os ésteres de óleos vegetais desempenham na moderna indústria oleoquímica, o mesmo papel da nafta na cadeia petroquímica.
- O custo de produção do óleo de palma é fundamental na viabilidade econômica do biodiesel.

O empreendimento tem algumas semelhanças com investimento em exploração de petróleo, tais como:

- Período longo de investimento até o início da produção (6 anos).
- Forte geração de caixa (faturamento) a partir do início da produção comercial.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil). Portaria nº 255 de 15 set. 2003. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 16 set. 2003, Seção 2.

A AGROINDÚSTRIA de palma (dendê): o pólo de dendê do Pará. [S.l.: s.n., 199-]. Não paginado. Mimeografado.

BARCELOS, E. Dendê e a ecologia. *Gazeta Mercantil*, 1999.

BASIRON, Y. Palm oil and its global supply and demand prospect. *Oil palm Industry Economic Journal*, v.2, n.1, p.1-10, 2002.

BASIRON, Y.; DARUS, A. The oil palm industry – from pollution to zero waste. *The Planter*, v.72, n 840, p.141-165, 1996.

BIODIESEL no Brasil: etanol e metanol. Disponível em: <<http://www.tecbio.com.br/etanolmetanol.htm>>. Acesso em: maio 2003.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Obtenção de combustível de óleo vegetal ao nível de propriedade rural**. Brasília, 1985a. 98f. Mimeografado.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. **Óleos vegetais: experiência de uso automotivo desenvolvida pelo Programa OVEGI**. Brasília, DF, 1985b. 344f. (Documentos, 21). Mimeografado.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Programa brasileiro de biocombustíveis. **Rede Brasileira de Biodiesel – Pro-BIODIESEL**. Brasília, DF, [200-].

BOCKEY, D. **Situation and development potential for the production of biodiesel – an International Study**. Disponível em: <<http://www.ufop.de/download/FAL-Bockey-english.pdf>>. Acesso em: maio 2002.

CHOO, Y. M.; MA, A. N.; BASIRON, Y. **Production of palm oil methyl éster as diesel substitute**. Kuala Lumpur: Palm Oil Research Institute of Malaysia, 1995. Trabalho apresentado no Porim International Biofuel Conference, 1995, CangKaawi.

DEFEYS, K.S. **Hubbert's Peak: the impending world oil shortage**. Princeton: Princeton University, 2001.

EMBRAPA. Departamento Técnico Científico (Brasília, DF). **Programa nacional de pesquisa do dendê**. Brasília, DF: Embrapa - DID, 1981. 29p.

FRY, J. **O panorama do óleo de palma no mercado mundial dos óleos comestíveis**. Oxford: LMC International, [1999?].

FURLAN JÚNIOR, J.; MÜLLER, A. A. **A agricultura familiar e a dendeicultura na Amazônia**. Belém, PA: Palmasa: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. Folder.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY AND AUTOMOTIVE FUELS INFORMATION SERVICE. **Automotive fuel for the future: the search for alternatives**. Bruselas, 1999. 92p.

LIMA, S. M. V.; FREITAS FILHO, A.; CASTRO, A. M. G. de; SOUZA, H. R. Desempenho da cadeia produtiva do dendê na Amazônia Legal. In: MÜLLER, A. A.; FURLAN JÚNIOR, J. (Ed.). **Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**, Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. Cap. 11, p.251-288.

MALAYSIAN PALM OIL PROMOTION COUNCIL (Kuala Lumpur, Malaysia). **Palm oil: a guide for users**. Kuala Lumpur, 1996. 47p.

NIGRO, F. E. B. **Aplicação veicular: experiências passadas e novas expectativas**. São Paulo: IPT: Secretaria de Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento Econômico e Turismo, 2003. Slides. Palestra proferida na Reunião GT Interministerial - Biodiesel, São Paulo, 2003.

O PROGRAMA Nacional do Álcool (Proálcool): um estudo realizado através da imprensa uberlandense (1975-1980). Disponível em <http://www.ufop.br/ichs/conifes/anais/MPC/mpc_1004.htm>. Acesso em: 11 maio 2003.

PANDOLFO, C. **A cultura do dendê na Amazônia**. Belém, PA: SUDAM, 1981. 35p.

SÁ FILHO, H. L. de; ROTEMBERG, B.; ALBUQUERQUE, S. F. de; MENDONÇA, M. C. de; MEDEIROS, P. R. da S. Diagnóstico da viabilidade técnica de utilização dos óleos vegetais brasileiros como combustíveis e lubrificantes. **Informativo INT**, v.12, n.22, 1979.

SACHS, I. **Caminhar para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000. 96p.

SZIRMAI, A. **The dynamics of socio-economic development**. Disponível em: <www.dynamicsofdevelopment.com>. Acesso em: 2003.

TORRES, S. G. **Oil palm in the Amazon**. Belém, PA: DENPASA, 1991. 15p.

VEIGA, A. S.; SMIT, L.; FÚRIA, L. R. R. Avaliação do dendezeiro como opção para o sequestro de carbono na Amazônia. In: VIÉGAS, I. de J. M.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. Cap. 7, p.125-144.

VEIGA, A. S.; FURLAN JÚNIOR, J.; KALTNER, F. J. Situação atual e perspectivas futuras da dendeicultura nas principais regiões produtoras: a experiência do Brasil. In: MÜLLER, A. A.; FURLAN JÚNIOR, J. (Ed.). **Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. Cap. 3, p.41-66.

WEDEL, R. von. **Technical handbook for marine biodiesel in recreational boats**. 2. ed. Point Richmond: Cytoculture International, 1999. 21p.

Embrapa

Amazônia Oriental

CGPE 5223

Patrocínio:



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

