

Plantio de Oleaginosas para Produção de Biodiesel como Estratégia de Adaptação às Mudanças Climáticas



ISSN 1678-0892

Dezembro, 2010

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 157

**Plantio de oleaginosas para
produção de biodiesel como
estratégia de adaptação às
mudanças climáticas**

*Joyce Maria Guimarães Monteiro
Emílio Lèbre La Rovere*

Rio de Janeiro, RJ
2010

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 - Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ
Fone: (21) 2179-4500
Fax: (21) 2274-5291
Home page: www.cnps.embrapa.br
E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Daniel Vidal Pérez

Secretário-Executivo: Jacqueline Silva Rezende Mattos

Membros: Ademair Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Maurício Rizzato Coelho, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro, Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos.

Foto da capa: José Rey Santos Souza

Supervisor editorial: Jacqueline Silva Rezende Mattos

Normalização bibliográfica: Ricardo Arcanjo de Lima

Revisão de texto: André Luiz da Silva Lopes

Editoração eletrônica: Julia Rodrigues Santos de Pinho Mineiro
Jacqueline Silva Rezende Mattos

1ª edição

1ª impressão (2010): online

Todos os direitos reservados.

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

M772p Monteiro, Joyce Maria Guimarães.

Plantio de oleoginosas para produção de biodiesel como estratégia de adaptação às mudanças climáticas / Joyce Maria Guimarães Monteiro e Emilio Lèbre La Rovere. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2010.

43 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 157).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html> > .

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2010).

1. Plantio oleoginosa. 2. Biodiesel. 3. Agricultura familiar. 4. Mudança climática. I. Rovere, Emilio Lèbre La. II. Título. III. Série.

CDD (21.ed.) 633.85

© Embrapa 2010

Sumário

| | |
|---|-----------|
| Resumo | 5 |
| Abstract | 7 |
| Introdução | 9 |
| Material e métodos | 11 |
| Aspectos gerais de clima presente no Nordeste | 12 |
| Aspectos gerais das projeções climáticas futuras | 12 |
| Alternativas de cultivos das oleaginosas frente à vulnerabilidade climática..... | 15 |
| O cultivo de oleaginosas por agricultores familiares como estratégia de adaptação às mudanças climáticas | 19 |
| Variedades adaptadas ao semiárido e zoneamento agroclimático | 19 |
| Possibilidade de práticas agrícolas manuais | 22 |
| Consórcio e diversificação de cultivos | 24 |
| Aproveitamento dos restos culturais | 25 |
| Características de solos e benefícios de rotação de culturas | 26 |
| Esmagamento e rendimento em óleo | 28 |
| Características físico-químicas do biodiesel das oleaginosas selecionadas | 30 |
| Conclusão | 34 |
| Referências | 36 |

Plantio de oleaginosas para produção de biodiesel como estratégia de adaptação às mudanças climáticas

*Joyce Maria Guimarães Monteiro*¹

*Emílio Lèbre La Rovere*²

Resumo

Os estudos sobre os impactos das alterações climáticas trouxeram preocupações a respeito das condições de pobreza e da capacidade de adaptação de países, regiões, setores e comunidades especialmente vulneráveis. O Nordeste Brasileiro conjuga aspectos de fragilidade socioeconômica aos impactos futuros decorrentes das mudanças climáticas, sobre a atividade agrícola local. Foram analisados alguns aspectos técnicos e socioeconômicos do plantio de oleaginosas por agricultores familiares do Nordeste e a inserção desses agricultores na cadeia produtiva do biodiesel, como estratégia de adaptação às mudanças climáticas. Os benefícios resultantes da inserção de agricultores familiares na cadeia do biodiesel poderão ser refletidos principalmente na possibilidade de diversificar e organizar o processo produtivo. Esta é uma alternativa que contribui para melhorar a capacidade de adaptação desse grupo em relação às adversidades das alterações climáticas.

Palavras-chave: plantio oleaginosa, biodiesel, adaptação às mudanças climáticas, agricultura familiar, Nordeste.

¹ Pesquisadora A Embrapa Solos. E-mail :joyce@cnpq.embrapa.br.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro/Programa de Planejamento Energético. E-mail: emilio@ppe.ufrj.br .

Plantinf of vegetable oil crops for the production of bio-diesel as a strategy for adaptation on climatic changes

Abstract

The studies of the impacts on climate change have resulted in an increased concern with poverty and adaptation capacity in countries, regions, sectors and communities that are especially vulnerable. The Brazilian Northeast joins aspects of socio-economic fragility to the future impacts on climate change on local agricultural activities. This paper analyzes some technical and socioeconomic aspects of the planting of vegetable oil crops by northeast farming families and technical aspects of bio-diesel product, as a strategy for adaptation to climate change. The benefits resulting from the insertion of family farmers in the biodiesel chain will be reflected especially in the opportunity to diversify and organize the productive process. It is an alternative that can improve the adaptation capacity of this group in relation to climate change adversity.

Key words: *vegetable oil crops, bio-diesel, adaptation to climate change, farming family, northeast.*

Introdução

Nas discussões sobre mudanças do clima, encontram-se cada vez mais em evidência as questões sobre impacto, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas. De acordo com o IPCC (2001), os impactos (climáticos) referem-se às consequências dessas mudanças nos sistemas naturais e humanos. Considera-se vulnerabilidade climática o nível de reação que um determinado sistema expressa devido a uma mudança climática específica; e adaptação refere-se aos ajustes em sistemas ecológicos ou socioeconômicos em resposta às mudanças climáticas correntes ou projetadas (IPCC, 2007). O objetivo final da adaptação é diminuir a vulnerabilidade da sociedade e/ou dos sistemas frente às mudanças climáticas, pela redução de seus impactos negativos. A adaptação às mudanças climáticas está, portanto, associada à proteção dos recursos naturais e ao fortalecimento socioeconômico das populações, uma vez que os aspectos ambientais, sociais e econômicos determinam a vulnerabilidade às mudanças climáticas de uma região e de sua população (HUQ, 2005).

Em comparação aos outros setores da economia, o setor agropecuário é extremamente vulnerável às mudanças climáticas, considerando que o clima é um dos fatores mais importantes na determinação de sua sustentabilidade. Nesse setor, as comunidades que dependem das atividades agrícolas para sua sobrevivência são as mais duramente afetadas pelas mudanças climáticas e a população mais vulnerável desse grupo são aquelas de menor renda e nível educacional (MOTHA, 2007).

No Brasil, a produção de biomassa energética¹ pode envolver as comunidades agrícolas, especialmente as mais enfraquecidas pelos processos de desenvolvimento vigentes e, ao mesmo tempo, permitir a inclusão social dessa população rural no mercado emergente de biocombustíveis, podendo reduzir sua vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas. Além disso, quando as plantações de biomassa para fins energéticos são bem localizadas, planejadas e manejadas, podem gerar serviços ambientais adicionais, como a

¹ A biomassa energética aqui referida é de origem vegetal, como as árvores, plantas e resíduos agrícolas, que através da combustão direta ou através da queima dos combustíveis derivadas da biomassa (etanol, metanol, biogás, óleos) geram energia.

redução de nutriente lixiviado pela erosão, o acúmulo de carbono no solo, conduzir à melhora de fertilidade e contribuir para o fomento da diversificação de cultivos adaptados às condições climáticas atuais e futuras.

O Nordeste, particularmente o semiárido Nordestino, é uma das regiões brasileiras mais vulneráveis às mudanças climáticas (MONTEIRO, 2007). Essa região representa 18% do território nacional (cerca de 1,5 milhões de km²), sendo 60% dessa área localizada no semiárido. O Nordeste abriga mais de um terço da população brasileira, cerca de 53 milhões de habitantes, sendo que mais de 20 milhões vivem no semiárido registrando os maiores índices de pobreza do país (IBGE, 2010). Essa região é considerada como um *"hot spot"*, ou seja, uma região altamente ameaçada, uma vez que conjuga a vulnerabilidade climática atual aos efeitos das mudanças climáticas projetadas e aos aspectos da fragilidade socioeconômica e ambiental local (NOBRE, 2005).

A agricultura e a pecuária são as principais atividades econômicas de fixação da população nordestina às condições do Nordeste. Cerca de 80% dos estabelecimentos agrícolas nordestinos se enquadram na categoria de agricultura familiar², onde os agricultores e suas famílias dependem majoritariamente das atividades agrícolas para seu sustento (INCRA, 2000). Sob esse panorama, os agricultores familiares locais apresentam-se como grupo social mais vulnerável às mudanças climáticas.

Nessa região brasileira, as políticas de desenvolvimento nacionais com enfoque nas questões socioeconômicas e no setor agrícola podem ser integradas à estratégia de adaptação às mudanças climáticas, de modo a tornar factível a manutenção da agricultura familiar em pequenas e médias propriedades, já que nesta escala, os impactos das mudanças climáticas são mais previsíveis e tendem a ser mais rápidos e drásticos (MONTEIRO, 2007). Tanto no contexto da variabilidade climática atual, quanto frente às mudanças climáticas projetadas, os produtores especializados são os mais vulnerá-

² Em poucas palavras a agricultura familiar pode ser entendida como aquela em que a mão de obra familiar predomina sobre a mão de obra contratada, e a renda familiar origina-se principalmente das atividades econômicas vinculadas da própria propriedade rural (INCRA, 2000).

veis à perda de sua produção. A sustentabilidade dos agricultores do Nordeste frente às mudanças climáticas requer a adoção de sistemas produtivos diversificados, que visam à preservação e a valorização das atividades agropecuárias voltadas para o mercado e para o autoconsumo das famílias.

A diversificação dos sistemas produtivos dos agricultores familiares do Nordeste pelo plantio de oleaginosas para atender o mercado de biodiesel pode ser analisada como uma estratégia para contribuir para a adaptação às mudanças climáticas. Atualmente, no Nordeste existem poucas opções de diversificação de cultivos compatíveis com as restrições de solo e clima e com os sistemas produtivos adotados pelos agricultores familiares. A demanda por matéria-prima para a produção de biodiesel pode aumentar as chances de seleção e melhoramento de espécies oleaginosas aptas ao desenvolvimento nas condições edafoclimáticas e sistemas produtivos adotados pelos agricultores familiares.

Neste trabalho, a vulnerabilidade climática da região Nordeste é caracterizada, tanto em relação aos aspectos da variabilidade climática atual, quanto pela apresentação das projeções da variabilidade climática decorrentes das mudanças climáticas. Sob esse panorama é analisado o potencial de difusão e diversificação de oleaginosas para produção de biodiesel que apresentam aptidão para o cultivo sob as condições socioeconômicas e ambientais características da agricultura familiar nordestina. O objetivo é avaliar o potencial de diversificação de cultivos com oleaginosas para produção de biodiesel, em sistemas produtivos compatíveis com a agricultura familiar nordestina como proposta de estratégia de adaptação às mudanças climáticas.

Material e métodos

Nesse trabalho a região Nordeste é caracterizada quanto à vulnerabilidade às mudanças climáticas, considerando os aspectos climáticos atuais e as projeções futuras das mudanças climáticas para a região. Em seguida, foram consideradas algumas oleaginosas como alternativa para a produção de biodiesel e analisada a viabilidade desses plantios frente às alterações projetadas de precipitação e temperatura decorrentes das mudanças climáticas para a região

Nordeste. Também são considerados os sistemas produtivos que deveriam ser implantados pelos agricultores familiares do Nordeste como estratégia de adaptação às mudanças climáticas e a avaliação de aspectos técnicos da produção de biodiesel a partir das oleaginosas propostas.

Aspectos gerais do clima presente no Nordeste

A região Nordeste apresenta temperaturas elevadas, cujas médias anuais variam de 20° a 28°C. Nas áreas situadas acima de 200 metros e no litoral oriental, as temperaturas médias anuais variam de 24° a 26°C (CARVALHO; EGLER, 2003). O Nordeste tem também um número elevado de horas de sol por ano (estimado em cerca de 3.000) e índices acentuados de evapotranspiração, em torno de 2.000 mm/ano, devido à incidência perpendicular dos raios solares sobre a superfície do solo (CAMPOS, 1997).

Mais de 50% da área da região Nordeste tem clima semiárido (Bsh na classificação de Köppen). O clima semiárido é caracterizado por alta temperatura média anual, variando de 23 a 27°C, precipitações médias anuais iguais ou inferiores a 800 mm/ano, alta insolação média anual (2.800 h/ano), evaporação de cerca de 2.000 mm/ano ou mais e umidade relativa do ar média em torno de 50% (BRASIL, 2005).

A distribuição da pluviosidade na região Nordeste é muito complexa, não só em relação ao período de ocorrência (três meses, podendo às vezes nem existir), como em seu total anual, que varia de 300 a 2.000 mm, dependendo da sub-região Nordestina (CARVALHO; EGLER, 2003). No litoral, a pluviosidade anual supera 1.000 mm, chegando a 2.000 mm em alguns casos, enquanto no semiárido, está em torno de 800 milímetros, podendo atingir 300 mm ou menos (CAMPOS, 1997). É conhecido que as chuvas do semiárido da região Nordeste apresentam enorme variabilidade espacial e temporal, com alternância de anos de secas e chuvas abundantes.

Aspectos gerais das projeções climáticas futuras

Na maioria das vezes o planejamento de estratégias de adaptação às mudanças climáticas depende do desenvolvimento de uma capacidade de previsão

de detalhes espaciais e temporais das mudanças do clima em nível regional. Atualmente, a obtenção e a avaliação das projeções das mudanças climáticas em nível regional já permitem identificar a vulnerabilidade às mudanças climáticas de alguns setores da sociedade, da economia e do ambiente, embora as incertezas referentes às projeções das mudanças climáticas em nível global e regional ainda sejam importantes (NOBRE, 2005).

Vários cenários regionais de mudanças climáticas foram desenvolvidos pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) utilizando técnicas de “downscaling” (regionalização) dos modelos climáticos globais do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC – AR4 - Fourth Assessment Report-IPCC(IPCC, 2007)³, resultando em projeções futuras das mudanças climáticas para várias regiões brasileiras até o ano de 2100 (AMBRIZZI et al., 2007). Essas projeções consideram a variabilidade temporal de temperatura, precipitação e eventos climáticos extremos, embasadas a partir dos dados observacionais durante o Século XX. As projeções futuras das mudanças de clima no Brasil referem-se aos cenários extremos de altas emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE (A2) e de baixas emissões de GEE (B2) elaborados pelo IPCC (2001). Para o Brasil, todas as projeções a partir dos modelos climáticos globais apresentam aumento da temperatura (aquecimento), com as taxas de aquecimento variando entre os modelos. A Tabela 1 apresenta as taxas médias de aquecimento para as várias regiões do país até o ano de 2100.

Tabela 1 - Projeções do aumento médio de temperatura do ar (°C) para cenários de emissões A2 e B2, nas diversas regiões do Brasil, 2071 a 2100.

| Região | Cenário A2 | Cenário B2 |
|-----------------------------|------------|------------|
| Amazônia | + 5,3 | + 3,0 |
| Nordeste | + 4,0 | + 2,0 |
| Pantanal | + 4,6 | + 3,4 |
| Sul (Bacia do Prata) | + 3,5 | + 2,3 |

Fonte: Ambrizzi et al., 2007.

³ Foram utilizados 8 modelos climáticos globais do IPCC AR4 (GFDL-CM2; GFDL-CM2).1; CCSM3; PCM; MIROC3.2; MIROC3.2 –medres; INM-CM3.0, cujos detalhes podem ser encontradas em Marengo et al.(2007).

Como pode ser observado na Tabela 1, as projeções indicam um aumento de temperatura média do ar em todas as regiões do País, mas, especialmente, para a Amazônia no cenário A2. No Nordeste, as projeções futuras de aumento da temperatura para o período 2071-2100 variaram de 2 a 4°C, respectivamente para o cenário de altas emissões A2 (pessimista) e para o cenário de baixas emissões B2 (otimista).

Em relação à precipitação, o Nordeste é a região que apresenta maior confiança nas projeções de clima futuro (AMBRIZZI et al., 2007). Para 2071-2100, projeta-se com média a alta confiança, que a estação chuvosa nesta região apresentará chuvas mais fracas, especialmente durante o outono, que coincide com o pico da estação chuvosa no Norte e Nordeste (MARENGO, 2007).

Também Marengo (2007) conclui que apesar das diferenças entre os resultados apontados entre os modelos globais e regionais, para o Nordeste, no cenário climático pessimista (A2), as temperaturas aumentariam de 2°C a 4°C e as chuvas seriam reduzidas entre 15-20% em 2100. No cenário otimista (B2), de acordo com o mesmo autor, o aquecimento seria entre 1°C a 3°C e as chuvas ficariam entre 10-15% menores que no presente, ambas as projeções até o final do século XXI.

No Nordeste, o aumento de temperatura, independente do que possa vir a ocorrer com as chuvas, já seriam suficientes para causar maior evaporação dos lagos, açudes e reservatórios e maior demanda evaporativa das plantas (MARENGO et al., 2007). A menos que haja um aumento das chuvas, a água poderá se tornar um bem mais escasso nessa região, com sérias consequências para a sustentabilidade do desenvolvimento regional.

Quanto ao balanço hídrico⁴, Salati et al. (2007) mostram que na maior parte do Nordeste, o período chuvoso e de recarga de umidade do solo vai de fevereiro a abril e o período de retirada e deficiência de água ocorre durante a estação seca, que vai de julho até antes da pré-estação chuvosa, em

⁴O conceito de balanço hídrico (THORNTHWAITE, 1948) avalia o solo como um reservatório fixo, no qual a água é armazenada até o máximo da capacidade de campo, sendo somente removida pela ação das plantas. O balanço hídrico possibilita estimar a evapotranspiração potencial, a evapotranspiração real, o excedente hídrico, a deficiência hídrica e as fases de reposição e retirada de água no solo.

janeiro. O balanço hídrico realizado com as médias dos valores de vários modelos globais sugere que a estação chuvosa seria mais fraca e os déficits de umidade no solo seriam maiores no futuro, entretanto, compatíveis com a semiaridez do presente (SALATI et al., 2007).

Em relação aos eventos climáticos extremos, as projeções de maior consistência encontrada para o Nordeste, a partir dos modelos globais AR4, são em relação ao aumento na frequência de dias secos consecutivos e ao aumento da tendência de ocorrência de veranicos (períodos sem chuvas durante a estação chuvosa), que ficaria mais intensos no cenário pessimista A2 (MARENGO et al., 2007). Também é projetado, com menor confiabilidade, o aumento de chuvas torrenciais e das chuvas concentradas em curto espaço de tempo no semiárido nordestino (MARENGO et al., 2007). Ambrozzi et al. (2007) destacam que as mudanças nos padrões de precipitação e dos eventos extremos podem ter fortes impactos no meio ambiente e na sociedade, ainda maiores do que as tendências projetadas para a precipitação acumulada ou para a temperatura média a nível anual ou sazonal.

As projeções das mudanças climáticas mostram poucas evidências de mudanças na amplitude do fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS), porém com várias incertezas associadas a este assunto para os próximos 100 anos, principalmente devido às incertezas dos modelos climáticos globais que ainda não conseguem simular corretamente o fenômeno ENOS para o clima do presente (MARENGO et al., 2007). No Nordeste, o El Niño causa a predominância de um ramo de ar descendente que inibe a formação de nuvens e este efeito está associado com chuvas abaixo do normal na região semiárida, o efeito contrário, o da La Niña, está relacionado a chuvas acima da média sobre a região semiárida do Nordeste (FREITAS, 1999).

Alternativa de cultivo das oleaginosas frente à vulnerabilidade climática

É de fundamental importância frente à vulnerabilidade climática e às projeções das mudanças climáticas para região Nordeste, a escolha de oleaginosas adaptadas ao plantio de sequeiro. A escolha deve recair sobre as espécies com alta eficiência de uso da água, resistentes à seca e as altas

temperaturas, de boa produtividade agrícola em anos de chuva normal, ou sob técnicas simples de irrigação, como a irrigação de salvamento, barragens subterrâneas e outras técnicas de convivência com o clima semiárido.

A tolerância à seca pode ser conceituada de várias maneiras, sendo sua natureza muito complexa, envolvendo interações com o ambiente, além de processos fisiológicos inerentes ao efeito provocado no metabolismo da planta (MACHADO et al., 1976). Segundo Souza et al. (1983), espécies e variedades com um sistema radicular mais profundo apresentam maior capacidade de adaptação à escassez hídrica. O algodão, o girassol e a mamona possuem raízes pivotantes (profundas), com amplo crescimento radicular lateral, o que permite um maior volume de solo explorado, maximizado a capacidade de absorção de água e a adaptação ao cultivo de sequeiro nas condições do Nordeste. Na Tabela 2 são apresentadas as demandas hídricas e de temperatura para oleaginosas que podem ser uma alternativa de cultivo nos sistemas produtivos praticados pelos agricultores familiares do Nordeste e passíveis de aproveitamento como matéria prima para a produção de biodiesel.

Tabela 2 - Faixa de temperatura (°C) e exigência hídrica (mm/ano) para oleaginosas selecionadas.

| Cultura | Faixa Temperatura (°C) | Exigência hídrica (mm/ano) |
|--------------------------------------|------------------------|----------------------------|
| Algodão herbáceo ¹ | 20 – 30 | 500 -1500 |
| Algodão arbóreo ² | 25 – 30 | 450 – 700 |
| Amendoim ³ | 22 – 29 | 500 – 700 |
| Girassol ⁴ | 8 a 34 | 500 - 700 |
| Mamona ⁵ | 20 – 30 | 400- 700 |

Fontes: ¹Beltrão (1999); ² Amorim Neto et al., (2001)³ Santos, (1999); ⁴ Paes (2005); ⁵ Beltrão e Silva (1999).

A faixa de temperatura e exigência hídrica para as oleaginosas apresentadas na Tabela 2 indicam que todas essas oleaginosas se adaptam às condições climáticas encontradas atualmente no Nordeste. Essas plantas são adaptadas às condições nordestinas e especificamente às condições climáticas do semiárido por tolerar bem as baixas precipitações pluviais e as altas temperaturas, considerando que a temperatura média do semiárido é de 27°C e a precipitação média anual é de 800 mm/ano.

Igualmente, considerando o aumento da temperatura média projetado de + 2°C no cenário otimista de mudanças climáticas para a região Nordeste (MARENGO et al., 2007) e a faixa de temperatura para cada oleaginosa apresentada na Tabela 2, todas essas oleaginosas estariam aptas a ser cultivadas nessa nova faixa de temperatura.

Quanto às projeções de variação da precipitação média devido às mudanças climáticas para o Nordeste, mesmo considerando que estas ainda são incertas (MARENGO et al., 2007), supondo uma redução de 30% na precipitação média anual, ou seja, supondo que a precipitação média anual no Nordeste passe a ser de 560 mm/ano, comparando com os dados da Tabela 2, todas essas culturas se enquadrariam nesta nova disponibilidade hídrica.

Note-se na Tabela 2 que o algodão arbóreo é, entre as culturas listadas, a mais resistente à alta temperatura e baixa disponibilidade hídrica. Essa cultura não tolera excesso de umidade no solo e baixas temperaturas (AMORIM NETO et al., 2001). Em contrapartida, o algodão arbóreo, vem perdendo importância comercial nos últimos anos, principalmente em função da baixa competitividade de suas fibras no mercado. Por outro lado, embora apresentando maior exigência hídrica, o algodão herbáceo vem ganhando força no Nordeste. Atualmente, essa cultura ocupa cerca de 365 mil hectares, um aumento na área plantada de 54% nos últimos 8 anos (IBGE, 2008).

No caso do amendoim, embora essa cultura apresente uma baixa exigência hídrica (Tabela 2), a disponibilidade hídrica afeta a sua produtividade. Experimentos conduzidos em condições de campo demonstram que para cultivar BR-1 plantada em Rodelas (BA), quando foram fornecidos 300 mm de água, o amendoim teve uma produtividade de 895 kg/ha, enquanto que recebendo 700 mm alcançou uma produtividade de 2.302 kg/ha (SANTOS, 1999). No entanto, embora essa cultura responda bem a maior oferta de água, sendo principalmente plantada no Estado de São Paulo, sua produção tem se mostrado totalmente viável no Nordeste Brasileiro, onde a área de cultivo aumentou em 148% nos últimos dez anos (IBGE, 2008).

O girassol adapta-se bem a uma ampla faixa de temperatura, mas a temperatura ótima para o seu desenvolvimento situa-se entre 27 a 28°C (Tabela 2),

sendo que em temperaturas acima de 35°C seu teor de óleo é reduzido (PAES, 2005). A demanda hídrica do girassol aumenta com o desenvolvimento da planta, partindo de valores ao redor de 0,5 a 1 mm/dia durante a fase de semeadura à emergência e atingindo um máximo de 6 a 7 mm/dia na floração e enchimento de grãos, decrescendo após este período (AMABILE, 2002). Seu sistema radicular profundo é bem desenvolvido lateralmente permitindo a manutenção da fotossíntese, mesmo em condições de curtos períodos de seca, quando outras espécies nada produzem (CASTRO et al., 1997). No Nordeste, a área plantada com girassol foi de 6.000 ha na safra de 2009, um crescimento vertiginoso em relação ao ano de 2005, quando o girassol começou a ser difundido comercialmente nesta região, em uma área de cerca 500 ha (IBGE, 2008).

Já para a mamona, a temperatura média para o bom desenvolvimento da cultura é entre 20 e 30°C (Tabela 2), sendo que a temperatura ótima para a planta é em torno de 28°C; e temperaturas muito elevadas, superiores a 40°C ou muito baixas, inferiores a 10°C, provocam a redução substancial do teor de óleo nas sementes (BELTRÃO; SILVA, 1999). A mamona produz com viabilidade econômica em áreas onde a precipitação é de até 500 mm antes do início da floração (até 50 dias), pois sua demanda hídrica é maior durante a fase vegetativa (WEISS, 1983). O excesso de umidade é prejudicial em qualquer período do ciclo da lavoura, sendo mais crítico nos estágios de plântula, maturação e colheita. Chuvas durante a colheita causam grande redução na qualidade do produto e na produtividade, pois os frutos tendem a apodrecer no cacho (AZEVEDO et al., 1997). A pluviosidade em torno de 600-700 mm/ano é suficiente para que se obtenha rendimento em torno de 1.500 kg/ha (BELTRÃO; SILVA, 1999). O Nordeste é o maior produtor de mamona brasileiro, com 158 mil hectares plantados - ou 94% da área plantada no Brasil na safra de 2009 (IBGE, 2008).

Cabe ressaltar que mesmo nos sistemas produtivos convencionais praticados por agricultores familiares, as técnicas de irrigação tradicionais reduzem o risco decorrente das condições climáticas adversas, diminuindo a oscilação da produtividade agrícola. Porém, a questão da salinização dos solos pela utilização intensiva de sistemas irrigados deve ser considerada principalmente

no semiárido Nordeste. Os solos muito permeáveis do Nordeste (arenosos), aliado a alta demanda evaporativa do ar, facilitam a evaporação rápida da água de irrigação, facilitando o depósito de sais na superfície, o que torna a terra infértil e culmina em processos de desertificação (SUASSUNA, 2005). Em contrapartida, a adoção de técnicas de convivência com o semiárido deve ser incentivada, pois são as opções mais viáveis para a maioria dos agricultores familiares do semiárido nordestino e podem contribuir para o aumento da produtividade agrícola e para a redução dos riscos agrícolas frente aos veranicos e secas que ocorrem com frequência no Nordeste.

O cultivo de oleaginosas por agricultores familiares como estratégia de adaptação às mudanças climáticas

Nos itens seguintes são analisados alguns aspectos produtivos importantes para viabilizar o plantio de oleaginosas nos sistemas produtivos praticados por agricultores familiares para a produção de biodiesel, como a existência de cultivares adaptadas, a possibilidade de plantio manual, o aproveitamento de restos culturais, consórcio e tipo de solos e benefícios da rotação de culturas. É avaliada a viabilidade técnica de produção de óleo e de biodiesel para as oleaginosas sugeridas como alternativas para a diversificação dos sistemas produtivos dos agricultores familiares. Este último item inclui o rendimento em óleo e os aspectos qualitativos da produção de biodiesel.

Variedades adaptadas ao semiárido e zoneamento agroclimático

O desenvolvimento e a existência de cultivares adaptadas às condições climáticas do Nordeste são componentes importantíssimos no que se refere à estratégia de adaptação às mudanças climáticas. O desenvolvimento de cultivares mais resistentes à seca, às altas temperaturas e com menor susceptibilidade a pragas e doenças é fundamental para a viabilidade e manutenção do plantio de oleaginosas por agricultores familiares, permitindo uma maior segurança para o produtor familiar, frente à vulnerabilidade climática. Todas as oleaginosas sugeridas como alternativa para a produção de biodiesel possuem variedades desenvolvidas para as condições do Nordeste. A Tabela 3 apresenta as cultivares recomendadas para cultivo em sequeiro nas condições edafoclimáticas do Nordeste.

Tabela 3 – Cultivares de oleaginosas indicadas para plantio no Nordeste.

| | Cultivares | Ciclo (dias) | Produtividade esperada cultivo em sequeiro (kg/ha) |
|---------------------|----------------------|--------------|--|
| Algodão | CNPA 7H* | 130 | 2.200 |
| | BRS 186* (arbóreo) | 120 | 2.200 |
| | BRS 187* | 140 | 2.500 |
| | BRS 200* | 140 | 860 |
| | BRS 201* | 140 | 3.300 |
| Amendoim (amêndoas) | BR 1* | 90 | 1.800 |
| | BRS 151L7* | 87 | 1.800 |
| | BRS Havana* | 90 | 1.900 |
| | IAC – Tatu** | 110 | 800 |
| Mamona | BRS 149* | 250 | 1.500 |
| | BRS 188 (Paraguaçu)* | 250 | 1.500 |
| Girassol**** | IAC-Uruguaí** | | 1.500 |
| | Catissol 01**** | | 1.500 |
| | Embrapa 122* | 100 | 2.250 |

* O mantenedor⁵ é a Embrapa.

** O mantenedor é o IAC.

**** Em teste na Bahia pela Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola. (EBDA, 2006).

Entender como são ativadas e como ocorrem as respostas adaptativas à seca constitui o ponto principal para o desenvolvimento de novas cultivares comerciais mais tolerantes aos impactos das mudanças climáticas na região Nordeste. Nesse sentido, necessita-se identificar genótipos tolerantes ou resistentes ao déficit hídrico no solo e às condições adversas do meio ambiente, que resultam em altas demandas evaporativas encontradas na maior parte da região Nordeste. Estratégias de adaptação às mudanças climáticas devem levar em conta não só a seleção e o desenvolvimento de material genético que apresentem melhores respostas adaptativas às condições de estresse hídrico e altas temperaturas, mas sua difusão entre um número cada vez maior de agricultores, a fim de buscar a sustentabilidade das atividades agrícolas na região. Muitas vezes, as sementes selecionadas por produtores do sertão nordestino representam um material genético promissor para adaptação dessa cultura às condições do semi-árido. Por exemplo, a cultivar

⁵ Mantenedor: pessoa física ou jurídica que se responsabiliza por tornar disponível um estoque mínimo de material de propagação de uma cultivar inscrita no Registro Nacional de Cultivares - RNC, conservando suas características de identidade genética e pureza varietal (Lei 10.711, de 2003).

Sertão do amendoim, selecionada por agricultores familiares, tem demonstrado bom rendimento em amêndoas e boa resistência às condições edafoclimáticas do semi-árido, sendo um material promissor para o melhoramento genético (SANTOS, 2005).

Outro importante aspecto a ser considerado é o zoneamento agrícola de risco climático do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A utilização do pacote tecnológico oferecido por esses zoneamentos (culturas zoneadas por municípios, cultivar indicada, tipo de solo, época de plantio) serve de orientação para o acesso ao crédito agrícola oficial e enquadramento no seguro rural privado e público (PROAGRO). Além de permitir o acesso ao crédito agrícola e aumentar a garantia para o produtor (acesso ao seguro safra), o zoneamento agroclimático permite a redução das perdas agrícolas por efeitos climáticos, auxiliando a gestão de riscos climáticos na agricultura. Esses zoneamentos são elaborados com base nos conceitos de potencialidade e aptidão para a cultura, pela análise do solo, do clima e da planta. Identifica-se para cada município a melhor época de plantio das culturas nos diferentes tipos de solo e ciclos das cultivares adaptadas à região e disponíveis no mercado, em cada ano agrícola.

A mamona e o algodão são contemplados pelo zoneamento de risco climático para vários municípios Nordestinos. Quanto à mamona já foram zoneadas mais de 600 mil hectares de terras aptas ao cultivo no Nordeste (SLUSZZ; MACHADO, 2006). A maioria dessas áreas está no semiárido, onde a luminosidade e a temperatura favorecem o desenvolvimento da cultura. O girassol, no ano de 2007, tem zoneamento de risco climático para o Piauí e o amendoim em Pernambuco (AMARAL et al., 2006).

Devido à grande variabilidade espacial da estação chuvosa do semiárido nordestino, as épocas de plantio variam desde setembro até abril, sendo que nas regiões em que o período chuvoso dura até 4 meses, a preferência de plantio recai sobre os 2 meses iniciais (BELTRÃO et al., 2006). Esta variabilidade espacial das chuvas Nordeste constitui-se em um diferencial competitivo em relação à disponibilidade de matéria-prima para produção de óleo. Isto porque a colheita é realizada em diferentes épocas do ano, dependendo do

micro-clima local, oportunizando o escalonamento da oferta de matéria-prima do Nordeste como um todo (especialmente em anos de chuva normais).

Cabe mencionar ainda os serviços agrometeorológicos como um importante aliado para o sucesso da agricultura familiar. Destaca-se entre outros, o AGRITEMPO - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, que permite aos usuários o acesso, via Internet, às informações meteorológicas e agrometeorológicas de diversos municípios e estados brasileiros. Neste sistema já é possível prever os efeitos das mudanças climáticas para as culturas de arroz, feijão, milho e soja. O usuário pode simular a alteração da safra agrícola pelo aumento da temperatura, com aumento ou não da precipitação, em diversos tipos de solos e regiões.

Outra importante ação nessa linha é o PROCLIMA, do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), que realiza regularmente a estimativa de água no solo, na área de atuação da antiga SUDENE. O resultado final é a estimativa diária de água no solo, precipitação pluviométrica e evapotranspiração em nível de município. O PROCLIMA agrega ao seu Sistema de Informações Geográficas (SIG) bases de dados socioeconômicos provenientes do IBGE e estatísticas sobre ações emergenciais da ex-SUDENE, o que permite uma avaliação integrada dos impactos econômicos e sociais da variabilidade climática e de políticas públicas. O conhecimento dos potenciais impactos das mudanças climáticas no setor agrícola indicará uma crescente demanda pela adoção de medidas de adaptação. Neste sentido, é fundamental a estruturação de uma política de agrometeorologia que ajude a construir estratégias de adaptação de forma pró-ativa.

Possibilidade de práticas agrícolas manuais

Todas as oleaginosas selecionadas são passíveis de produção a partir de práticas manuais. A possibilidade de adoção de práticas agrícolas manuais pode tornar o plantio de oleaginosas mais atrativo para os agricultores familiares da região Nordeste. Algumas vantagens dos sistemas manuais de produção podem ser destacadas, como a maior possibilidade de difusão do plantio dessas oleaginosas entre os agricultores familiares menos capitalizados; o

menor custo de produção; a menor compactação do solo, que pode ser provocada pelo uso de mecanização excessiva⁶; e a menor emissão de Gases de Efeito Estufa, pois no sistema manual o custo energético da produção é menor e o revolvimento do solo também é menor, quando comparado ao sistema mecanizado (reduzindo a perda do carbono do solo).

No cultivo do amendoim todas as etapas produtivas podem ser realizadas com técnicas simples e implementos agrícolas bastante rudimentares, utilizando-se mão de obra familiar em todas as etapas produtivas. A cultura exige duas a três capinas e amontoa (que consiste em juntar terra na base da planta, caso as vagens estejam expostas à luz). Da mesma forma, o girassol representa uma excelente opção agrícola para a agricultura familiar, exigindo práticas agrícolas simples e de fácil assimilação, uma vez que a capina e a limpeza do terreno são necessárias somente nas primeiras semanas após o plantio. E todas as etapas produtivas podem ser manuais. Também no caso do algodão e da mamona, na maioria da região semi-árida os pequenos produtores utilizam mão de obra familiar em todas as etapas desses cultivos, empregando técnicas agrícolas plenamente dominadas por esses agricultores.

Evidentemente, em geral, quase todas as etapas produtivas para as oleaginosas analisadas poderiam ser mecanizadas, dependendo do acesso dos agricultores a esses meios produtivos. Por exemplo, no caso do algodão, para a colheita manual são necessários cerca de 25 homens/dia/hectare e na mecânica, o mesmo serviço pode ser realizado em 1,5 ou 3 horas, dependendo da máquina (FUZATTO et al., 2005). Mas, para todas as oleaginosas analisadas existe a possibilidade das etapas produtivas serem desenvolvidas manualmente, com relativa simplicidade, o que beneficia a inserção de um maior número de agricultores familiares.

⁶ É comum encontrar solos compactados no fundo dos sulcos de aração e de gradeação, chamada "pé-de-arado" ou "pé-de-grade", formados pelos implementos agrícolas e acima desta camada fica o solo preparado e bastante desagregado, reduzindo a infiltração da água e aumentando o escoamento superficial e o arraste de terra (aumento processos erosivos).

Consórcio e diversificação de cultivos

Destaca-se a possibilidade de consórcio entre as oleaginosas e os cultivos de subsistência, ou mesmo, entre vários tipos de oleaginosas. O consórcio atende a pelo menos quatro condições básicas para a adaptação das atividades agrícolas familiares na região do Nordeste às mudanças climáticas: a) é um sistema de produção difundido entre os agricultores familiares nordestinos, que habitualmente manejam três ou mais culturas consorciadas (diversificação); b) diminui o risco de perdas agrícolas frente aos fatores climáticos adversos, principalmente se essas culturas diferirem entre si em relação à duração do ciclo vegetativo; c) possibilita a manutenção do plantio de culturas de subsistência e da segurança alimentar, principalmente para os agricultores familiares menos capitalizados; d) possibilita o aumento da produção de óleo por unidade de área.

Para o sucesso do consórcio é importante considerar as épocas relativas de plantio e as configurações de plantio, a fim de reduzir a competição de uma cultura sobre a outra e otimizar a produtividade de ambas as culturas (PERES; BELTRÃO, 2006). A Tabela 4 apresenta algumas possibilidades de consórcio entre as diferentes oleaginosas e diversas outras culturas, tipicamente cultivadas pelos agricultores familiares Nordestinos.

Aproveitamento dos restos culturais

Outra questão importante para a agricultura familiar dessa região é a possibilidade de aproveitar os restos culturais como adubos e/ou na alimentação animal. No caso do amendoim e do girassol, os restos culturais podem ser aproveitados. Os restos culturais do girassol são abundantes, altamente nutritivos, dando um feno de excelente qualidade. Os restos culturais do amendoim possuem altos teores de nitrogênio, podendo ser incorporados aos solos como forma de aumentar a fonte desse nutriente para os cultivos posteriores. A incorporação dos restos culturais do amendoim, girassol e da mamona trazem benefícios para as culturas subseqüentes, tanto pela fertilização do solo e adição de matéria-orgânica em solos, que em grande parte da região Nordeste possuem baixo teor de matéria orgânica, quanto possibilitando o aumento da retenção da umidade do solo. Os restos culturais do algodão, por Lei, devem ser queimados, para evitar a propagação de patógenos.

Tabela 4 – Possibilidade de consórcio entre oleaginosas e diversas culturas.

| Oleaginosas | Possibilidade de consórcio |
|-----------------------|---|
| Algodão ¹ | Feijão caupi |
| | Gergelim |
| | Amendoim |
| | Milho |
| Amendoim ² | Gergelim |
| | Mandioca |
| | Mamona |
| | Algodão |
| Girassol ³ | Mamona |
| | Amendoim |
| | Algodão herbáceo |
| | Gergelim |
| Mamona ⁴ | Feijão comum |
| | Feijão caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) |
| | Milho |
| | Sorgo |
| | Girassol |
| | Abóbora |
| | Melancia |

Fontes: ^{1,3}Peres e Beltrão (2006)²Fagundes (2002); ⁴Gonçalves et al., (2005).

Características de solos e benefícios da rotação de cultura

Considerando que o uso de corretivos de acidez dos solos, de fertilizantes e a aplicação de agroquímicos aumentam o custo de produção de oleaginosas, é interessante para os agricultores familiares a escolha de oleaginosas pouco exigentes quanto às condições físico-químicas do solo, que permitam esquemas de rotação de culturas, auxiliem no controle de pragas e doenças e no aumento da fertilidade do solo. Neste sentido, serão apresentadas as vantagens e limitações para cada uma das espécies analisadas quanto a esses aspectos.

O algodoeiro herbáceo requer solos profundos, de média a alta fertilidade, pois é exigente em nutrientes minerais e sua raiz é pivotante (profunda), podendo ser cultivado em solos de textura variável, inclusive em solos areno-

solos, com boa drenagem e relevo plano a suavemente ondulado (BELTRÃO, 1999). Nos solos arenosos, geralmente pobres em nutrientes e de baixo poder de retenção de água, deve ser adicionada matéria orgânica. A lavoura permanente de algodão arbóreo não exige preparação do solo todo ano, evitando o revolvimento de terras, podendo ser mais benéficas sob o ponto de vista de degradação dos solos, quando comparada ao algodão herbáceo.

A maior produtividade do amendoim é obtida em solos bem drenados, de razoável fertilidade e textura arenosa ou franco-arenosa, de maneira a favorecer a penetração dos ginóforos. De acordo com a Embrapa Algodão (2007), o amendoim é exigente em cálcio e fósforo, ambos imprescindíveis para a produção de flores e desenvolvimento das vagens, mas o uso do adubo orgânico pode ser empregado. Cabe mencionar que o amendoim, como a maioria das leguminosas, realiza o processo da fixação biológica do nitrogênio atmosférico devido à presença das bactérias *Rhizobium* em suas raízes. A cultivar Sertão apresenta potencial para a fixação biológica do nitrogênio, em associação com rizóbios nativos, existentes nos solos do semiárido Nordeste (SANTOS et al., 2005). A fixação biológica do nitrogênio é benéfica para a melhoria de solos, sendo recomendável o plantio do amendoim como forma de melhorar a oferta de nitrogênio do solo para os plantios subsequentes (FRANCO; BALIEIRO, 2000). Cabe ressaltar que o uso crescente de fertilizantes nitrogenados para superar a queda de rendimento agrícola aumenta a emissão de óxido nitroso (N_2O), um importante gás de efeito estufa. Além disso, o amendoim é de ciclo curto, ocupa a terra por pouco tempo e, quando comparado com outras herbáceas tradicionais cultivadas na região é ideal para a diversificação da produção na pequena propriedade, através de rotação com outras culturas ou em consórcio.

O girassol é tido como uma planta rústica que se adapta bem a vários tipos de solo, entretanto, para o seu desenvolvimento pleno, recomenda-se o plantio em solos profundos, com acidez corrigida, planos e bem drenados (CASTRO et al., 1997). Esta cultura tem raízes do tipo pivotante, promovendo uma considerável reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas para as camadas superficiais do solo, auxiliando na fertilização natural do solo. Os restos culturais do girassol são bastante representativos e podem ser deixados no solo como adubação verde, e as hastes e as folhas podem também ser

ensiladas e aproveitadas na alimentação animal em períodos de seca. O girassol é uma opção vantajosa na rotação de culturas, pois diminui a incidência de pragas, doenças e plantas invasoras e, ainda, melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo (PAES, 2005). Em áreas onde se faz rotação de culturas com o girassol, observa-se aumento na produtividade do milho em 15 a 20% (EMBRAPA, 2007).

A mamona é bastante sensível à acidez do solo e exigente em nutrientes e, portanto, apresenta boa resposta à correção do solo e aos fertilizantes. Necessita de solos profundos, de textura arenosa a franco-argilosa, bem drenados e sem problemas de salinidade para o pleno desenvolvimento (GONÇALVES et al., 2005). A planta é extremamente sensível à deficiência de oxigênio no solo, não suportando a falta de aeração do solo por mais de alguns dias (BELTRÃO et al., 2006). O conhecimento científico sobre o uso de fertilizantes nesta cultura ainda é muito incipiente e carece de aperfeiçoamento e adaptação para as diferentes regiões onde a cultura é plantada. Entretanto, para as condições do semi-árido do Rio Grande do Norte (350 mm de chuvas entre o plantio e a colheita) e usando-se a cultivar BRS 149, a produtividade aumentou de 472 para 770 kg/ha; e o teor de óleo nas sementes, de 43,5% para 47,4% entre os tratamentos sem e com adubação (SEVERINO et al., 2005).

Esmagamento e rendimento em óleo

Normalmente o processo de extração de óleo ocorre por prensagem mecânica ou pela aplicação de solvente, ou por uma combinação dos dois processos (mista). As prensas hidráulicas ou tipo Expeller são indicadas para materiais com alto teor de óleo (> 35%) e podem ser de pequena a média capacidade (< 200 t grãos/dia). O solvente é indicado para materiais com baixo teor de óleo (< 25%). O solvente comumente utilizado para extração de óleo vegetal é o hexano. O hexano é um derivado do petróleo que possibilita a extração da quase totalidade do óleo, deixando um resíduo desengordurado conhecido como farelo (PETROBIO, 2005). Nos sistemas mistos, a capacidade diária de extração de óleo é menor que 200 toneladas de grãos/dia, mas é possível extrair o óleo de sementes de variados teores de óleo, desde sementes com 15% em óleo (PARENTE, 2006). O grau de pureza do óleo vegetal é fundamental para o desempenho na conversão de biodiesel; no entanto, tanto o óleo

bruto como o degomado, refinado e até o óleo usado podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de biodiesel⁷ (KHALIL, 2006). A Tabela 5 apresenta o rendimento em óleo e a quantidade de torta resultante da extração de óleo mecânica (esmagamento) e por solvente (hexano), considerando 6% de perda de extração devido à umidade do óleo (PETROBIO, 2005).

Como pode ser visto na Tabela 5, a proporção de torta resultante do processo de extração de óleo corresponde, no mínimo, a cerca da metade da quantidade de grãos utilizados na extração de óleo. O preço de mercado dessas tortas é variável, por exemplo, a torta de algodão gorda (resultante do processo de extração de óleo de algodão por esmagamento) tem um mercado garantido na região leiteira do Ceará (Quixeramobim), sendo comercializada por cerca de R\$ 400,00 por tonelada em 2009⁸. No caso da mamona, o preço médio da torta oscila na faixa de R\$ 190,00 a R\$ 390,00 por tonelada, para utilização como adubo orgânico (LEIRAS, 2006). Entretanto, a maior oferta de tortas no mercado tende a reduzir esses preços, diminuindo a margem de ganhos com os co-produtos da extração de óleo.

Na Tabela 6 é apresentado o rendimento em óleo por hectare para as oleaginosas selecionadas. Esses dados foram calculados a partir dos valores da produtividade agrícola das oleaginosas adaptadas ao Nordeste (Tabela 3) e do rendimento potencial em óleo considerado, aqui, como a média entre os valores de extração de óleo por esmagamento e solvente.

Note-se que o girassol e o amendoim são as oleaginosas com maior rendimento em óleo por hectare, seguida da mamona e por último o algodão (Tabela 6). Em termos de uso do solo, a maior área ocupada por tonelada de óleo produzido seria com o algodão. No entanto, vale ressaltar que o caroço do algodão usado para extração do óleo é um co-produto da pluma. O agricultor planta o algodão pela pluma e pode agregar valor a sua produção em função da maior demanda pelo caroço para produção de óleo.

⁷ O óleo destinado à produção de biodiesel não precisa passar pelo processo de refinamento e clarificação, como o óleo destinado ao consumo alimentar. No entanto, esse óleo deve atender a algumas especificações, como por exemplo, o grau de acidez, baixa umidade, baixo índice de peróxido e fósforo (como será comentado na próxima seção). Entretanto, as plantas de biodiesel, em geral, tratam esses óleos antes do processamento.

⁸ Informação obtida na PETROBRÁS (Gerência de Biocombustíveis).

Tabela 5 – Rendimento em óleo e torta pelos processos de esmagamento e extração de óleo com solvente para diversas oleaginosas.

| | Esmagamento (%) | | Solvente (%) | |
|-----------------|-----------------|-------|--------------|---------------|
| | Óleo* | Torta | Óleo* | Torta /farelo |
| Algodão | 10 | 84 | 15 | 74 |
| Amendoim | 42 | 52 | 49 | 45 |
| Girassol | 35 | 59 | 42 | 52 |
| Mamona | 40 | 54 | 44 | 50 |
| Soja | 13 | 81 | 19 | 75 |

*Considerando a perda de 6% para todas as oleaginosas.

Fonte: Monteiro (2007).

Tabela 6 – Produtividade (kg/ha), teor de óleo (%), rendimento em óleo (t óleo/ha).

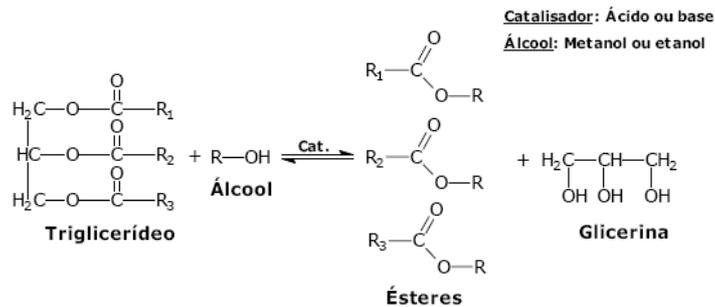
| Oleaginosa | Produtividade (kg/ha) | Teor óleo (%) | Rendimento em óleo (t óleo/ha) |
|-----------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|
| Algodão | 3.300 | 13 | 0,41 |
| Amendoim | 1.900 | 46 | 0,86 |
| Girassol | 2.250 | 39 | 0,87 |
| Mamona | 1.500 | 42 | 0,63 |

Fonte: Monteiro, 2007.

Características físico-químicas do biodiesel das oleaginosas selecionadas

O biodiesel é um combustível renovável e biodegradável, predominantemente produzido por uma reação denominada transesterificação, que consiste em uma reação de triglicerídeos (óleos ou gorduras animais ou vegetais) com um intermediário ativo, formado pela reação de um álcool de cadeia curta (metanol ou etanol) e um catalisador, produzindo um éster (o biodiesel) e o glicerol, como um co-produto (PARENTE, 2003). No caso da utilização de insumos ácidos, como esgoto sanitário ou ácidos graxos, a reação é de

esterificação e não há formação de glicerol, mas de água simultaneamente ao biodiesel (OLIVEIRA, 2004). A Figura 1 apresenta a reação de transesterificação.



R = CH₂ - CH₂ - CH₂ - - CH₃.

Cadeia hidrocarbonada do ácido graxo.

Figura 1 - Esquema do Processo de Transesterificação.

Fonte: Ferrari, 2006.

No Brasil, a normalização dos padrões para o biodiesel é estabelecida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), por meio da Resolução ANP no 42/04 aplicado ao biodiesel - B100, de origem nacional ou importada, a ser comercializado em território nacional adicionado em proporção variável em volume ao óleo diesel. As características e propriedades determinantes dos padrões de identidade e qualidade do biodiesel são: ponto de fulgor, teor de água e sedimentos, viscosidade, cinzas, teor de enxofre, corrosividade, número de cetano, ponto de névoa, resíduo de carbono, número de acidez, teor de glicerina total, teor de glicerina livre e temperatura de destilação para 90% de recuperação.

As especificações do biodiesel que mais sofrem influência da composição química dos óleos vegetais utilizados são: o ponto de fulgor, o número de cetano, a viscosidade, o índice de iodo e pontos de névoa e fluidez (ARAÚJO, 2005). Entretanto, o pré-tratamento do óleo e a transesterificação são processos químicos que têm por objetivo modificar as características do óleo vegetal, a fim de produzir um biodiesel com propriedades físico-químicas

praticamente idênticas às do óleo diesel. Assim, o biodiesel, quando adequadamente produzido, alcança as especificações contidas nas normas técnicas da ANP (PARENTE, 2006). Para a ANP, o foco é nas propriedades físico-químicas do produto final e não do processo ou na matéria prima, embora todos esses fatores alterem a qualidade final do biodiesel.

Uma importante característica que é diretamente influenciada pela origem da matéria prima utilizada na produção do biodiesel é o valor do índice de iodo, ou seja, o número de gramas de iodo absorvido por 100g de gordura ou óleo ou éster. Este índice informa a quantidade de ligações insaturadas contida no óleo ou no biodiesel. A Figura 2 apresenta o índice de iodo para os óleos selecionados, de acordo com dados de Costa e Hoeschl (2006).

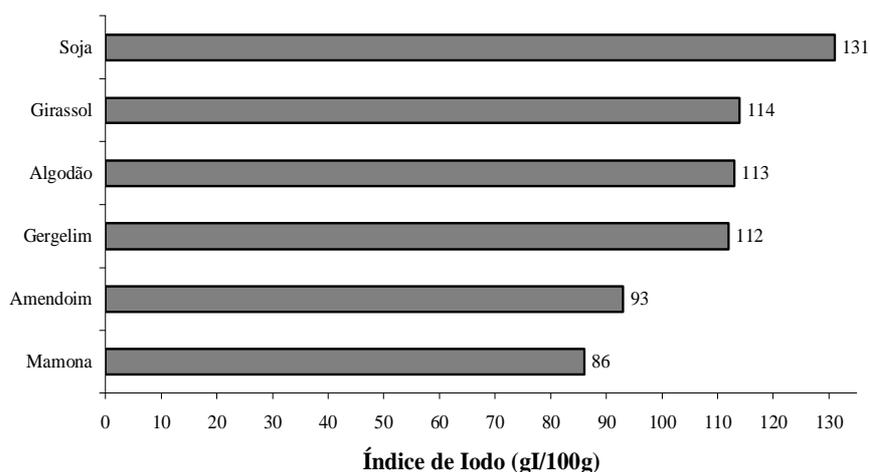


Figura 2 - Índice de Iodo de óleos vegetais selecionados. Costa et al.(2006).

Valores para o índice de iodo acima de 135 levam a produção de um biodiesel inaceitável para fins carburantes, devido à tendência a formar depósitos de carbono (DANTAS, 2006). Note-se na Figura 2 que todos os óleos vegetais listados se situam na faixa aceitável de índice de iodo, sendo para efeito de comparação, apresentado o índice de iodo do óleo de soja, que se encontra na faixa mais próxima do limite (131 g iodo/100 gramas de óleo). Na Europa, o valor máximo de índice de iodo do biodiesel aceitável é de 120. No caso da

Europa, se não existe definição técnica para tal restrição, suspeita-se do protecionismo europeu traduzido em barreiras não alfandegárias, uma vez que o Brasil e EUA poderiam restringir o mercado de biodiesel da colza européia, caso não houvesse essa restrição.

De acordo com Costa Neto e Rossi (2000), a viscosidade e a densidade constituem outras propriedades intrínsecas dos óleos vegetais que são importantes propriedades fluidodinâmicas de um combustível no que diz respeito ao funcionamento de motores diesel, pela considerável influência no funcionamento do sistema de injeção. De acordo com Parente (2006), essas propriedades fluidodinâmicas do biodiesel, independentemente de sua origem, assemelham-se às do óleo diesel, com exceção do biodiesel oriundo do óleo de mamona, que foge um pouco à regra no que diz respeito à viscosidade devido à alta densidade do óleo (0,959 g/ml). Todavia, o uso do biodiesel de mamona em misturas com o diesel constitui um artifício para corrigir tal distorção.

Adicionalmente, cabe ressaltar que o poder calorífico de um combustível é definido como a quantidade de energia por quilo de combustível (kcal/kg). O poder calorífico (inferior) do diesel é de 10.100 kcal/kg (EPE, 2009), enquanto do biodiesel é de cerca de 8.758 cal/kg (OLIVEIRA, 2001), ou seja, cerca de 90% do diesel. O menor poder calorífico do biodiesel em relação ao diesel mineral se deve principalmente à existência de oxigênio em quantidades consideráveis no biodiesel, em média 11% de sua composição (PARENTE, 2003).

Para a maioria dos óleos vegetais com potencial para ser usado em escala comercial, tais como óleo de soja, dendê, amendoim e girassol, as relações entre as massas de carbono e oxigênio são praticamente constantes, havendo pequenas flutuações que não interferem de forma significativa no poder calorífico. No entanto, o biodiesel produzido a partir do óleo de mamona tem cerca de 5% menos poder calorífico que aqueles produzidos a partir da maioria dos outros óleos, devido à presença de um grupo hidroxila (OH) na composição deste óleo (CASTRO et al., 2004).

O fato do óleo de mamona ser mais denso e ter um grupo de hidroxila (OH) no meio da cadeia do ácido graxo, dificulta o atendimento às especificações

(padrões) do biodiesel, demandando maiores custos para atingir o padrão. O uso do óleo de mamona dificulta todas as etapas do processo, tanto na velocidade da transesterificação, quanto na separação e purificação dos produtos dessa reação (CASTRO et al., 2004). Assim, entre as oleaginosas analisadas, a mamona é, atualmente, a mais dispendiosa para atingir as especificações regulamentadas do biodiesel, introduzindo muitas variáveis adicionais para sua conversão em biodiesel. A viscosidade e a densidade do biodiesel de mamona geralmente apresentam valores fora das especificações, mesmo quando um processo de produção eficiente é executado, devido a razões de natureza química. Entretanto, os blends formulados com biodiesel de mamona e biodiesel oriundo de outras oleaginosas (soja, algodão e girassol), em geral atingem as especificações, quando misturado na concentração de no máximo 20% de biodiesel de mamona (MACHADO et al., 2006).

Quanto ao amendoim, apesar do biodiesel a partir dessa oleaginosa ainda se encontrar em teste, principalmente devido ao alto valor dessa oleaginosa como alimento, dados do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello da Petrobras-CENPES⁹, indicam a viabilidade técnica dessa oleaginosa para produção de biodiesel. Em suma, todas as oleaginosas consideradas, com maior restrição para o óleo de mamona, que requer tratamentos extras para atingir as especificações determinadas pela ANP podem ser utilizadas para produção de biodiesel.

Conclusão

O Nordeste pode ser considerado como um hot spot, ou seja, uma região que conjuga a vulnerabilidade climática atual, aos efeitos das mudanças climáticas projetadas e aos aspectos da fragilidade socioeconômica local. Os impactos projetados sobre os frágeis recursos naturais e sobre a agricultura de sequeiro poderão contribuir para deixar ainda mais vulnerável a agricultura familiar local, que depende da atividade agrícola para sua sobrevivência e manutenção.

⁹ Vidal Vieira (CENPES), comunicação pessoal.

Existe uma tendência para o crescente aproveitamento dos produtos agrícolas como matéria prima para produção de substitutos de combustíveis fósseis. Do ponto de vista social, o incentivo à produção de biomassa energética pode permitir a interiorização e a regionalização do desenvolvimento, fundado na expansão da agricultura de energia e na agregação de valor da produção agrícola. Particularmente na região Nordeste do Brasil, onde a viabilidade de diversificação de cultivos agrícolas é escassa, o mercado emergente de biodiesel pode auxiliar no desenvolvimento do setor agrícola local. A diversificação dos sistemas produtivos dos agricultores familiares Nordestinos pelo plantio de oleaginosas para atender o mercado de biodiesel é uma estratégia que pode contribuir para a adaptação dos agricultores familiares do Nordeste às mudanças climáticas.

O plantio das oleaginosas analisadas pode contribuir para a melhora das condições do solo, pela rotação de cultura, consorciamento e diversos aspectos relacionados à ciclagem de nutrientes. A utilização de oleaginosas beneficia o sistema agrícola devido ao aumento da oferta do nitrogênio no solo para os cultivos subsequentes (amendoim e girassol), criação de abelhas (girassol) e adição de matéria orgânica proveniente dos restos culturais. Com a rotação de cultura e o consórcio há otimização do uso e ocupação do solo e dos recursos produtivos, beneficiando os sistemas produtivos dos agricultores familiares. Entre as oleaginosas investigadas, o algodão e o girassol são as que apresentam menor compatibilidade ao sistema de consórcio.

Todas as oleaginosas analisadas, com exceção do algodão, apresentam altos rendimentos em óleo, em torno 50% e características físico-químicas condizentes com a produção do biodiesel (com exceção da mamona), ou seja, são potencialmente competitivas no mercado de biodiesel, permitindo a produção de biodiesel nos padrões especificados pela Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

Em um cenário futuro de mudanças climáticas, algumas medidas de adaptação que beneficiariam esses agricultores são muito parecidas às que deveriam ser utilizadas hoje em dia. No Nordeste, tanto diante da variabilidade climática atual quanto das mudanças climáticas futuras, são estratégias benéficas: a seleção e melhoramento das cultivares adaptadas ao clima mais

quente e seco; a alteração na época de plantio e colheita em função das previsões climáticas e a adequação das práticas culturais, com especial atenção para o aumento da matéria orgânica no solo, as técnicas de irrigação de salvamento e a construção de pequenos barreiros e açudes, entre outras técnicas simples de convivência com o clima semi-árido.

Entretanto, não basta apenas definir metas de produção de matéria prima para produção de biodiesel, os agricultores precisam ter tempo hábil para aderir ao programa de biodiesel, de forma sustentável. É preciso criar condições para uma possível otimização das diversas fontes de matéria-prima disponíveis. A produção agrícola envolve não somente a disponibilidade de terras e mão de obra, mas a organização do processo produtivo, a disponibilidade de insumos, instalações de beneficiamento, além da infraestrutura de transporte e armazenagem. São necessários estudos a fim de possibilitar a oferta escalonada de matéria-prima para produção de biodiesel, considerando o caráter sazonal da produção agrícola e, conseqüentemente, estimulando a diversificação do plantio de oleaginosas. Também é necessário ressaltar sobre a importância do desenvolvimento de instrumentos de certificação socioambiental do biodiesel, quando a produção responsável ganharia mais um estímulo e passaria a ser avaliada de acordo com os padrões e normas estabelecidos.

Novas metas e regras referentes ao compromisso internacional às mudanças climáticas vão surgir, as estratégias de adaptação tendem a ser cada vez mais importantes. Indica-se aqui uma oportunidade pela produção de biodiesel a partir do plantio de oleaginosas por agricultores familiares do Nordeste. Certamente a mobilização nesse sentido irá contribuir para o desenvolvimento de uma das regiões mais vulneráveis às mudanças climáticas do país, promovendo o aumento da oferta desse combustível renovável para uso regional e, possivelmente, gerando excedentes para comercialização em outros mercados. Esse esforço poderá resultar na integração da política climática à agenda de desenvolvimento sustentável do Brasil.

Referências

AMABILE, R. F. **Girassol: uma oleaginosa de múltiplos usos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. (Embrapa Cerrados. Circular técnica, 20).

AMARAL, J.A. B. do; SILVA, M. T.; ARAÚJO, A. C. C. de. **Municípios aptos e época de plantio para a cultura do amendoim no Estado de Pernambuco, segundo o zoneamento de riscos climáticos**. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2006 (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 299).

AMBRIZZI T.; ROCHA R.; MARENGO J, A. I.; PISNITCHENKO, L. A. **Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: projeções de clima usando três modelos regionais**. Brasília: MMA: DCBio, 2007.

AMORIM NETO, M. da S.; ARAÚJO, A. E. de; BELTRÃO, N. E. de M.; Clima e solo. In: BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 93-107.

ARAÚJO, R. M. Controle de qualidade de biodiesel. In: REUNIÃO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL. 2., 2005, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza, CE, 2005. Disponível em <<http://www.biodiesel.gov.br/redearquivos/rededocumentos.htm#caracteriza>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; LIMA, E. F. V. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira Ricinus Communis L. no nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 39 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 25).

BELTRÃO, N. E. de M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1999. 1 v.

BELTRÃO, N. E. de M.; CARTAXO, W. V.; PEREIRA, S. R. de P.; SOARES, J. J.; SILVA, O. R. RIBEIRO F. **O Cultivo Sustentável da Mamona no Semi-Árido Brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 22 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 84).

BRASIL. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Mudança do Clima**. Brasília: NAE, 2005. 250 p. Cadernos NAE.

CAMPOS, A.; CARMELIO, E. de C. Biodiesel e agricultura familiar no Brasil: resultados socioeconômicos e expectativa futura. In: O FUTURO da Indústria do Biodiesel. Brasília, DF MDIC: IEL, 2006. p. 49-66. (Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, 14).

CAMPOS, J. N. B. Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às Secas. **Planejamento e Políticas Públicas**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 261-298, 1997.

CARVALHO, O.; EGLER, C. A. G. **Alternativas de desenvolvimento para o nordeste semi-árido**. Brasília: Ministério da Fazenda: Banco do Nordeste do Brasil, 2003. 204 p.

CASTRO, C de; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A. **Cultura do girassol: tecnologia de produção**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 1997. 19 p. (Embrapa Soja. Documentos, 67).

CASTRO, H. F. de; MENDES, A. A.; SANTOS, J. C. dos; AGUIAR, C. L. de. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 146-156, 2004.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23, n. 4, 2000.

COSTA, F. C. da; HOESCHL, H. C. Gestão do conhecimento na cadeia produtiva de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BODIESEL, 1. 2006. Brasília, DF. **Anais...** Brasília: MCT: ABIPTI, 2006. p. 30-34.

DANTAS, H. J.; CANDEIA, R. A.; CONCEIÇÃO, M. M.; SILVA, M. C. D.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. Caracterização físico-química e estudo térmico de biodiesel etílico de algodão. João Pessoa: UFPB; Natal: UFRN, 2006.

EMBRAPA ALGODÃO. **Cultura do gergelim para a agricultura familiar**. Campinas Grande: Embrapa Algodão, 2007. Disponível em: <www.cnpa.embrapa.br/>. Acesso julho 2010>. Acesso em: 10 jul. 2010.

EPE. **Balanco energético nacional**: ano base 2008. Rio de Janeiro: EPE, 2009. 274 p. : 180 il. ; 23 cm.

FAGUNDES, M. H. **Sementes de amendoim**: alguns comentários. Brasília: CONAB, 2002. Disponível em: <www.conab.gov.br/download/>. Acesso em: 10 abr. 2010.

FERRARI, R. A. Tecnologias para Produção de Biodiesel. In: SEMINÁRIO REGIONAL SOBRE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL NA BACIA DO PARANÁ, 3., 2006. Santa Helena, PR. **Anais...**Ponta Grossa: UEPG, 2006.

FRANCO, A. A.; BALIEIRO, F. The role of biological nitrogen fixation in land reclamation agroecology and sustainability of tropical agriculture. In: ROCHA MIRANDA, C. E. (Ed.). **Transition Global Sustainability**: the Contribution of Brazilian Science, Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2000. p. 209-233.

FREITAS, M. A. V. **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Rio de Janeiro: ANEEL, 1999. 334 p.

FUZATTO M. G.; CARVALHO L. H.; CIA E.; SILVA N. M. da; CHIAVEGATO E. J.; LÜDERS R. R. **Algodão**. Campinas: IAC, 2005. (IAC. Boletim Técnico, 200).

GONÇALVES N. P.; FARIA, M. A. V. de R.; SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D. Cultura da Mamoneira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 28- 32, 2005.

HUQ, S. **Adaptation to climate change**: a paper for the international climate change taskforce. London: Institute for Public Policy Research, 2005.

IBGE. **Um panorama da saúde no Brasil**: acesso e utilização dos serviços, condições de saúde e fatores de risco e proteção à saúde: 2008. Rio de Janeiro, 2010. 245 p.

IBGE. **Pesquisa agrícola municipal - PAM**: 2008. Disponível em < www.sidra.ibge.gov.br/bda/PAM > . Acesso em: 10 abr. 2010.

INCRA. **Novo retrato da agricultura familiar**: o Brasil redescoberto. Brasília, DF, Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2000. 74 p.

IPCC. **Climate change, 2001**: impacts, adaptation and vulnerability. working group II. TAR: summary for policymakers. Geneva: IPCC, 2001. Disponível em: < www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf > . 2001 > . Acesso em: 10 ago. 2010.

IPCC. **Climate change, 2007**: impacts, adaptation and vulnerability. working group II. AR4: summary for Policymakers. Geneva: IPCC, 2007 Disponível em: < <http://www.ipccngip.iges.or.jp/public/2007gl/index.htm> > . Acesso em: 15 jun. 2010.

KHALIL, C. N. As tecnologias de produção de biodiesel. In: O FUTURO da Indústria do Biodiesel. Brasília, DF. MDIC: IEL, 2006. p. 83-90. (Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, 14).

LEIRAS, A. **A cadeia produtiva do biodiesel: uma avaliação econômica para o caso da Bahia**. 156 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Faculdade de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MACHADO, R. C. R.; RENA, A. B.; VIEIRA, C. 1976. Efeito da desidratação osmótica no acúmulo de prolina livre em discos foliares de vinte cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista CERES**, Viçosa, v. 23, n. 128, p. 302-309.

MACHADO, Y.L.; ALBUQUERQUE, M.C.G.; FIRMIANO, L.R.; PARENTE JR., E.J.S.; TORRES, A.E.B.; AZEVEDO, D.C.S.; CAVALCANTE JR., C.L., 2006. Blends de biodiesel usando diferentes fontes de biomassa. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., 2006. Brasília, DF. **Anais...** Brasília: MCT : ABIPT, 2006. 1 v., p. 268-271.

MARENGO J. A.; NOBRE, C.A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade. In: **CARACTERIZAÇÃO** do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília: MMA:DCBio, 2007.

MONTEIRO, J. M. G. **Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semi-árido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas**. 302 f. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <www.ppe.coppe.ufrj.br>. Acesso em: 08 abr. 2010.

MOTHA, R. P. Development of an agricultural weather policy. **Agricultural and Forest Meteorology** . v. 142, p. 2-4, 2007.

NOBRE, C. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança global do clima. In: MUDANÇA Global do Clima. Brasília: NAE, 2005. 250 p. (Cadernos NAE, 3).

OLIVEIRA, L. B. Biodiesel: combustível limpo para o transporte sustentável. In: RIBEIRO, S. K. (Coord.). **Transporte Sustentável: alternativas para ônibus urbanos**. Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ, 2001.

OLIVEIRA, L. B. **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil**. 237 f. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PAES, J. M. V. Utilização do girassol em sistema de cultivo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26 n. 229 p 34-41.

PARENTE, E. J. de S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza, CE: Unigráfica, 2003. 66 p.

PARENTE, E. J. de S. Biodiesel no plural. In: O Futuro da Indústria do Biodiesel. Brasília, DF: MDIC : IEL, 2006. p. 91-104. (Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, 14).

PERES J. R. R.; BELTRÃO N. E. de M. Oleaginosas para biodiesel: situação atual e potencial. In: O Futuro da Indústria do Biodiesel. Brasília, DF: MDIC : IEL, 2006. p. 67-82. (Série Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, 14).

PETROBIO. **Biodiesel**: viabilidade econômica. São Paulo, 2005. 24 p.

SALATI, E.; SALATI, E.; CAMPANHOL, T.; VILLA NOVA, N. **Tendências de variações climáticas para o Brasil no século XX e balanços hídricos para cenários climáticos**. Brasília: MMA: DCBio, 2007.

SANTOS, C. E. R. E S.; STAMFORD N. P.; FREITAS A. D. S.; VIEIRA I. M. de M. B.; SOUTO S. M.; NEVES M. C. P.; RUMJANEK N. G. Efetividade de rizóbios isolados de solos da região nordeste do Brasil na fixação do N₂ em amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 27, n. 2, p. 301-307, 2005.

SANTOS, N. A. **Estudo termoanalítico de biodiesel derivado do óleo de babaçu**. Disponível em: < www.biodieselbr.com/biodiesel/especificacoes/estabilidade.htm > . Acesso em: 10 jun. 2010.

SANTOS, R. C. Utilização de recursos genéticos e melhoramento de *Arachis hypogaea* L. no Nordeste brasileiro. In: QUEIROZ, M. A; GOEDERT, C. O; RAMOS, S. R. R. (Org.). **Recursos Genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1999.

SEVERINO L. S.; MORAES, C. R. DE A.; GONDIM, T. M. DE S.; CARDOSO G. D.; SANTOS JOSÉ, W. dos. **Crescimento e produtividade da mamoneira sob fertilização química em região semi-árida**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 12 p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 56).

SILVA, N. de L. Transesterificação do óleo de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL. 2., 2005. Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005.

SLUSZZ, T.; MACHADO, J. A. D. Potencialidades agrônômica, econômica e social das principais oleaginosas matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 11., 2006. Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. p. 899-912.

SOUZA, J. G.; BARREIRO NETO, M.; SILVA, J. B. V.; GILES, J. A. Velocidade de crescimento da raiz como parâmetro de resistência à seca no algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, 169-172, 1983.

SUASSUNA, J. **Como morrer de sede com água no joelho**. São Paulo: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2005. Disponível em: <www.abas.gov.br>. Acesso em: 05 mai. 2007.

THORNTON, C. W. The climates of north american according to a new classification. **Geographical Review**, v. 21, p. 613-3, 1948.

WEISS, E. A. Sesame. In: OIL seed crops. London: Longman, 1983. p.282-340.

Embrapa

Solos