

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

**Documentos**

ISSN 0103 - 0205  
Setembro, 2007

**167**

**Balanco Energético e “Seqüestro” de  
Carbono em Culturas Oleaginosas**



**Embrapa**





ISSN 0103-0205  
Setembro, 2007

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Algodão

## **Documentos 167**

### **Balanço Energético e “Seqüestro” de Carbono em Culturas Oleaginosas**

Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão  
Gleibson Dionízio Cardoso  
Leandro Silva do Vale

Campina Grande, PB.  
2007

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

**Embrapa Algodão**

Rua Osvaldo Cruz, 1143 – Centenário  
Caixa Postal 174  
CEP 58107-720 - Campina Grande, PB  
Telefone: (83) 3315-4300  
Fax: (83) 3315-4367  
algodao@cnpa.embrapa.br  
http://www.cnpa.embrapa.br

**Comitê de Publicações**

Presidente: Nair Helena Castro Arriel  
Secretária: Nívia Marta Soares Gomes  
Membros: Demóstenes Marcos Pedroza de Azevêdo  
Everaldo Paulo de Medeiros  
Fábio Aquino de Albuquerque  
Francisco das Chagas Vidal Neto  
João Luiz da Silva Filho  
José Wellington dos Santos  
Luiz Paulo de Carvalho  
Nelson Dias Suassuna

Supervisor Editorial: Nívia Marta Soares Gomes

Revisão de Texto:

Tratamento das Ilustrações: Geraldo Fernandes de Sousa Filho

Capa: Flávio Tôrres de Moura/Maurício José Rivero Wanderley

Editoração Eletrônica: Geraldo Fernandes de Sousa Filho

**1ª Edição**

1ª impressão (2007) 1.000 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)

---

EMBRAPA ALGODÃO (Campina Grande, PB)

Balanço Energético e “Seqüestro” de Carbono em Culturas Oleaginosas, por  
Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão e outros. Campina Grande, 2007

20p. (Embrapa Algodão. Documentos, 167)

1. Fisiologia. 2. Energia renovável. 3. Aquecimento global. 4. Próxidade  
carbono. 5. Agroecossistemas. I. Beltrão, N.E. de M. II. Cardoso, G.D. III. Vale,  
L.S. do IV. Título. V. Série.

---

CDD 633.85

© Embrapa 2007

## **Autores**

**Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão**

D.Sc. Eng. Agrôn. da Embrapa Algodão

Rua Osvaldo Cruz, 1143, Centenário

58107-720, Campina Grande, PB

E-mail: [napoleao@cnpa.embrapa.br](mailto:napoleao@cnpa.embrapa.br)

**Gleibson Dionízio Cardoso**

Assistente da Embrapa Algodão

E-mail: [gleibson@cnpa.embrapa.br](mailto:gleibson@cnpa.embrapa.br)

**Leandro Silva do Vale**

Mestrando Eng. Agrôn. bolsista da Embrapa Algodão



## **Apresentação**

Estamos vivendo na atualidade, grandes transformações no mundo, nos mais diversos setores e áreas do conhecimento, que vem sendo incrementado a uma velocidade incrível, o que traz muita preocupação, em especial no tocante a poluição ambiental devido a vários fatores, entre os quais o uso dos combustíveis fósseis e seus derivados, tais como a gasolina e o diesel, que trazem como consequência o incremento de dióxido de carbono do ar, quem vem aumentando muito nos últimos anos, pois somente de petróleo, que representa cerca de 35% da malha energética do mundo, estamos consumindo em torno de 90 milhões de barris (cada um com 159 litros, dos quais 30% é de diesel, depois do craqueamento). Os combustíveis renováveis, derivados da biomassa, tais como os líquidos álcool e biodiesel, despontam com alternativas para reduzir o consumo de petróleo, e assim reduzir a poluição do ambiente, com redução do efeito estufa. O biodiesel possui oxigênio na sua molécula, média de 11,0%, contra nada no diesel mineral, e por não ter hidrocarbonetos aromáticos, que são muito nocivos ao homem, tem como matéria-prima básica os óleos vegetais e/ou gorduras animais, sendo que a produção de oleaginosas vem ganhando lugar de destaque no cenário atual e futuro dos combustíveis, devido as suas vantagens globais para a humanidade. Além de ser menos tóxicos, biodegradáveis e muito menos poluentes, os biocombustíveis são mais sociais, pois envolve muita gente e ocupações na produção da matéria-prima principal, que são os óleos vegetais, que para produzi-los as plantas retiram o dióxido de carbono do ar, fazendo uma espécie de sequestro de carbono e é muito importante hoje, se saber o que se gasta de energia para produzir energia, via óleos vegetais. Neste trabalho, os autores fazem alusão a tais aspectos, considerando as oleaginosas em geral.

**Robério Ferreira dos Santos**  
Chefe Geral da Embrapa Algodão



## Sumário

Balanço Energético e “Seqüestro” de Carbono em Culturas Oleaginosas..	11
Introdução.....	11
Considerações gerais .....	12
“Seqüestro” de carbono da atmosfera pelas plantas superiores.....	16
Estimativa da energia cultural e do balanço energético na agricultura tropical .....	18
Referências Bibliográficas.....	19



# **Balanço Energético e “Seqüestro” de Carbono em Culturas Oleaginosas**

---

Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão  
Gleibson Dionízio Cardoso  
Leandro Silva do Vale

## **Introdução**

No mundo atual, apesar do desenvolvimento científico e tecnológico, com o conhecimento humano duplicando em média a cada dois anos, os problemas ambientais devido ao uso do petróleo e seus derivados estão cada vez maiores, em especial os que têm como base o efeito estufa, devido a emissão de gases que absorvem calor, a exemplo do dióxido de carbono e do metano que a humanidade está liberando na atmosfera.

Estudiosos no assunto, afirmam que os teores de dióxido de carbono estão aumentando na atmosfera a uma taxa superior a 2,0 ppm por ano, o que é muito, além do metano que é produzido por diversas fontes, sendo as principais, com identidade antrópica, tais como resíduos culturais, campos de arroz irrigados (mais de 150 milhões de hectares em todo mundo) e também pela fermentação entérica da pecuária ruminante, como ocorre nos bovinos (tem-se hoje mais de 1,2 bilhão de cabeças). Na atualidade a concentração de CO<sub>2</sub> é da ordem de 370 ppm, tendo em vista que em 1900 era de 260 ppm e há estimativas de que se todo o petróleo do mundo for utilizado, mais de 1,3 trilhão de barris (159 litros, dos quais 30% é diesel), deverá ser dentro de 40 anos.

Na marcha de consumo atual (90 milhões de barris por dia), poderá chegar a mais de 1200 ppm, inibindo a fotossíntese da maioria das plantas superiores, além do incremento na temperatura do planeta, em até 5,0°C, o que poderá representar a morte do planeta Terra. Como a energia, em todas as suas formas de geração fóssil, via carvão mineral e petróleo, nuclear fissão, hidroelétrica, eólica, derivada da biomassa (etanol, biodiesel) entre outras, está cada vez mais demandada pela crescente população humana (hoje somos quase 7,0 bilhões de seres humanos no planeta, e nasce por dia cerca de 330.000, ou 100 milhões pessoas por ano e 1,0 bilhão a cada 10 anos). Além de alimentos, água potável e outros recursos, e da poluição devido a energia fóssil (segundo a NASA, mais de 65% do efeito estufa é devido às emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, assim como do incremento da acidez da água do mar e danos aos seres vivos, em especial aos corais, que estão morrendo), é que há necessidade urgente de se estudar o balanço de energia de todos os sistemas de produção de culturas na face da Terra, para evitar ou mesmo substituir as culturas, com eficiência cultural menor do que um, bem como verificar e quantificar o "seqüestro" de dióxido de carbono da atmosfera pelos ecossistemas naturais e pelos agroecossistemas.

Desta forma, objetiva-se com este documento fazer uma revisão atual sobre o balanço energético na agricultura e sobre o "seqüestro" de carbono pelas plantas, em agroecossistemas naturais e artificiais (campos cultivados) e a importância de tais fatores para o homem e sua qualidade de vida.

### **Considerações gerais**

As crises anteriores de energia foram provocadas, principalmente, por problemas econômicos e a que está por chegar ou já chegou é pela sobrevivência da humanidade e, em segundo lugar, também pela economia.

Como exemplo a China e a Índia em 10 anos duplicarão as suas necessidades energéticas, com 80% do total dependendo de importações,

o que deverá influenciar nos preços do petróleo, aumentando a demanda e assim o seu preço, que poderá chegar a 100 dólares o barril em uma década. O petróleo além de ser um recurso finito, não renovável, é altamente poluente. Por dia, no mundo todo, são utilizados quase 90 milhões de barris de petróleo, deste modo, a cada dia o problema se agrava. As previsões são de elevação da temperatura da Terra em até 5°C, isso irá promover o aumento do nível do mar em até 1,0 metro, além de outras sérias conseqüências para a humanidade, como a possível inibição da fotossíntese devido ao excesso de amido nos cloroplastos e desorganização das membranas das organelas promovendo, conseqüentemente, a destruição da vida no planeta Terra.

As reservas de petróleo estimadas são mais de um trilhão de barris, sendo que a maioria (mais de 70%) está no oriente médio, área de intensos conflitos e guerras constantes, e a participação das Américas é muito pequena, menos do que 14% do total. Isto significa que hoje o mundo depende do petróleo e, conseqüentemente, do Oriente Médio, por incrível que pareça. Cada vez mais se gasta energia para se produzir energia. Em 1940, por exemplo, quando extrair petróleo era mais fácil, devido a sua abundância, gastava-se cerca de um barril para obter 100 deles e hoje, com o incremento das dificuldades de extraí-lo, gasta-se dez vezes mais para se produzir a mesma quantidade de 60 anos antes. Neste mesmo ano, na agricultura, para se produzir 2,3 calorias de alimento, gastava-se uma caloria de energia e hoje gasta-se 10 calorias de energia para se produzir somente uma caloria de alimento, além disso, e se toda a população humana do planeta Terra comesse o que comem os Americanos do Norte, o petróleo estaria esgotado dentro de no máximo 10 anos, mas, por outro lado, ele poderá durar ainda mais 50 anos.

No caso dos chineses e indianos (que estão aumentando o consumo de petróleo a cada ano, crescendo em 15% ao ano o número de automóveis), em breve haverá a necessidade de termos mais dois "planetas Terra", para poder sobreviver com o mesmo nível de poluição do atual. Isso é extremamente agravante no tocante à sobrevivência da própria humanidade.

Até 2030, daqui a somente 23 anos, o que é pouco tempo para a espécie humana, a demanda por energia será quase o dobro da necessidade atual. Somente para atender o consumo em 2015, será necessário descobrir mais 10 regiões petrolíferas, cada uma com capacidade de produzir o que produz hoje o Atlântico Norte, 2,9 milhões de barris por dia (o Brasil hoje produz cerca de 1,6 milhão de barris por dia e as nossas reservas são para somente no máximo 18 anos de consumo, talvez, bem menos). Em termos de alternativas têm-se várias possibilidades, porém a maioria ainda duvidosa, outras ainda não totalmente dominadas e ainda são muito caras, como do hidrogênio e da futura energia da fusão nuclear, a energia limpa das estrelas, aquela produzida pelo nosso sol, estrela de quinta grandeza, que já queimou metade de sua massa, transformando hidrogênio em hélio e liberando grandes quantidades de energia.

No momento o grande substituto, pelo menos parcial do petróleo, é a energia da biomassa, em especial o uso de biodiesel, que é obtido via uso de óleos vegetais ou oriundos de animais, que são muito menos poluentes do que os derivados do petróleo, e podem ocupar milhões de pessoas na sua produção no mundo inteiro, sendo biodegradável e renovável. O Brasil pode produzir mais de 60% das necessidades de biomassa, inclusive de biodiesel, que pode ser misturado em qualquer proporção com o diesel mineral, sem trazer problemas para os motores e seus rendimentos, do qual o mundo irá necessitar nos próximos 20 a 30 anos, sem competir com a produção de alimentos e de fibras, pois temos ainda, mais de 120 milhões de hectares intactos, próprios para agricultura de elevada rentabilidade e milhões de hectares degradados que podem ser recuperados para o plantio de plantas energéticas, como o dendê e o babaçu na região Norte. Somente para o cultivo do dendê, que pode produzir sem problemas, cerca de 5000 kg de óleo por hectare, temos aqui no Brasil, cerca de 70 milhões de hectares, dos quais 50 milhões pertencem ao Estado do Amazonas, que podem gerar 350 bilhões de litros de óleo/ano, podendo produzir com a transesterificação (principal processo de obtenção do biodiesel, em que um óleo vegetal é misturado a um álcool - metanol ou etanol - na presença de um catalisador - ácido ou básico) uma mistura de ésteres monoalquílicos e

glicerina como subproduto (cerca de 10% do total), quase o mesmo volume em biodiesel. Na atualidade o Brasil consome por ano cerca de 42 bilhões de litros de diesel, dos quais 6,7 bilhões são usados na agricultura e importa-se quase 25%, ou seja, cerca de 11 bilhões de litros, com a evasão de mais de 2,5 bilhões de dólares por ano, o que equivalente à geração de mais de 600.000 empregos ou ocupações por ano, com espécies adaptadas ao semi-árido, sendo a mamona uma das poucas disponíveis, assim como o algodão herbáceo e arbóreo, dependendo da área zoneada para esta fibrosa e oleaginosa.

O uso do biodiesel pode reduzir entre 78% a 100% os gases que produzem o efeito estufa, a redução total do enxofre, redução de 50% de material particulado e aumenta em 13% os óxidos de nitrogênio, uma das poucas desvantagens deste tipo de combustível. A mistura B 20, que tem 20% de biodiesel + 80% de diesel mineral, reduz em mais de 15% os gases do efeito estufa, 20% do enxofre e 10% do material particulado. O biodiesel que tem fórmula molecular de  $C_{20}H_{38}O_2$ , com peso molecular de 326 g/mol e solubilidade em álcool, diesel e cetona, não têm hidrocarbonetos aromáticos e o número de cetano é maior do que o diesel, tendo degradabilidade no ambiente em menos de seis meses contra alguns do diesel. Por outro lado, a degradação do solo é ainda maior, sendo que, por minuto cerca de 12 hectares de solo são degradados na Terra, o que torna este fato a principal ameaça ao homem na atualidade, pois uma área maior do que duas vezes o território dos USA, de solo fértil já foi degradada no mundo, principalmente nas áreas irrigadas que representam menos de 14% do total, porém, alimentam e vestem mais de 50% da humanidade e que possuem o problema da salinização dos solos que é uma grande e inexorável realidade.

Neste particular, o Brasil também é privilegiado, pois temos o segundo potencial irrigável do mundo, com mais de 50 milhões de hectares de solo com água de qualidade para a irrigação e somente utilizamos hoje menos de 4 milhões de hectares. Há ainda como reverter a situação, reduzindo os mega-problemas da humanidade, em especial, a degradação do ambiente, via uso de combustíveis renováveis, como o etanol e o biodiesel; redução

significativa do uso do petróleo e um programa mundial de conservação dos solos e seu manejo adequado; conscientização de todos para a proteção do ambiente, com educação ambiental em todas as escolas do mundo; incremento na agricultura orgânica, mesmo com sua junção com organismos geneticamente modificados; programas permanentes de reflorestamento no mundo; além do controle da natalidade, observando-se a taxa de reposição da população.

Com os problemas atuais trazidos pelos combustíveis fósseis e o crescente consumo de energia (um brasileiro consome uma energia diária equivalente a um barril de petróleo e um americano do norte consome 25 vezes mais) demonstra-se que há a grande e urgente necessidade de uma nova malha energética no nosso país, que na atualidade possui grande dependência dos combustíveis fósseis (o chamado ouro negro) e quase a metade da energia consumida no Brasil, além do desperdício, a nível mundial que é de cerca de 20%. Neste contexto, os países desenvolvidos, casos da Alemanha, França na Europa e os Estados Unidos da América e alguns países em desenvolvimento, caso da Argentina e outros, estão com Programas Nacionais para a produção de biodiesel para substituir a curto e médio prazos o diesel mineral e, a longo prazo a total substituição, por B 100.

No Brasil com o Programa Nacional de Biocombustíveis, à base de biodiesel, espera-se que o mesmo viabilize a inclusão social para milhares de pessoas, a redução da poluição do ambiente em até 78%, e o uso inicial do B 2 já em utilização, embora que facultativa, e em seguida a utilização do B 5, obrigatório a partir de 2008, que tornará o país auto-suficiente de diesel, gerando milhares de ocupações no campo e reduzindo significativamente a poluição do ambiente, eliminando as mercaptanas que contém enxofre, extremamente tóxicas e as substâncias aromáticas, que são cancerígenas e teratogênicas.

### **"Seqüestro" de carbono da atmosfera pelas plantas superiores**

Como se sabe, as plantas superiores, clorofiladas, realizam a assimilação do carbono, ou fotossíntese, reação que ocorre somente na presença da luz

(42% do espectro solar, em especial as radiações vermelha e azul), e mediada pela clorofila, envolvendo a água (doador de elétrons) e o dióxido de carbono da atmosfera, produzindo compostos orgânicos de elevada complexidade e de baixo nível de entropia, ou seja, a fonte de energia vem do sol.

No processo de fotossíntese o CO<sub>2</sub> da atmosfera é reduzido a compostos orgânicos e quanto mais o fitossistema estiver em crescimento, mais carbono ele retira da atmosfera, o que chamamos de "seqüestro" de carbono. Um ecossistema no clímax ecológico, em que a produtividade primária é muito baixa ou quase nula, sendo a respiração igual a fotossíntese, o coeficiente fotossintético é igual a unidade, ou seja o "seqüestro" de carbono é muito baixo. Já em ecossistemas em crescimento, caso de plantios de soja, algodão, mamona, entre outros, a retirada do dióxido de carbono do ar via fotossíntese é elevada, podendo chegar a mais de 35t de CO<sub>2</sub>/hectare, para a fitomassa total (1g de fitomassa = 1,5g de dióxido de carbono = 0,4g de carbono = 17 KJ = 3,4 cal de energia).

Nos trópicos, com temperaturas do ar elevadas, superiores a 25°C, a respiração, que em ecofisiologia significa perda de massa seca ou fitomassa, chega a representar mais de 50% da fotossíntese, o que significa que, algumas vezes mais da metade do que é fixado via fotossíntese é liberado na oxidação dos compostos orgânicos, ou seja, respirado e às vezes não acoplado à produção de energia na forma de ATP (Triosfato de Adenosina), substância denominada de "moeda energética da célula", que é a respiração resistente ao cianeto, em que somente 1/3 do ATP da respiração normal oxidativa mitocondrial é formado. Além disso, a maioria das plantas cultivadas (a natureza possui mais de 230.000 espécies de plantas, das quais o homem domesticou cerca de 3000 delas, sendo que 300 são muito importantes e 12 vestem e alimentam quase 9% da humanidade, casos do algodão, do arroz, do trigo e do milho) apresenta metabolismo fotossintético ineficiente, do tipo C3, com elevada taxa de fotorrespiração, que pode comprometer até 50% do carbono fixado no processo fotossintético.

Em geral quanto maior a temperatura do ar, mais luz e oxigênio no ar, maior é a taxa de fotorrespiração, que tem o ácido glicólico (glicolato) como substrato, diferente da respiração mitocondrial no qual qualquer produto orgânico pode ser combustível, desde que seja convertido em glicose, que é o principal substrato da respiração celular. Mesmo assim, o "seqüestro" de carbono pelas plantas superiores é grande, especialmente nos agroecossistemas, sendo em média de 10t a 15t de CO<sub>2</sub>/hectare pela soja, de 10 a 35t de CO<sub>2</sub>/hectare da mamona (depende do sistema de produção usado, local, cultivar, e do ambiente, clima e solo), de 10t a 15t pelo algodão, e assim por diante. O "seqüestro" de carbono é, na verdade o saldo, ou seja, tudo que a planta fotossintetizou (fotossíntese bruta), menos o que foi respirado, e o que resta é a fotossíntese aparente ou líquida.

### **Estimativa da energia cultural e do balanço energético na agricultura tropical**

Nos dias atuais, em que a energia está ficando cada vez mais cara e difícil, é muito importante que se saiba o quanto dela é gasta para se produzir qualquer produto. Na agricultura é necessário observar o que está se gastando e o que é produzido em termos energéticos nos agroecossistemas, a relação entre o que sai de energia do sistema, aqui denominada de "Output" de energia, e a que entra denominada de "Input", sem considerar a energia do sol que é usada diretamente pela planta via fotossíntese. Em termos de entrada de energia, tem-se, por exemplo que: para se preparar um quilo de adubo fosfatado, gastam-se, em média, 3.344 kcal de energia; na fábrica de fertilizantes uma hora de trabalho de um homem equivale a 225 kcal de energia; uma hora de trabalho de um boi, consome cerca de 1.575 Kcal de energia; um trator de porte médio consome sete litros de diesel (9.583 kcal por litro) por hora de trabalho e ele gasta cerca de 4 horas para preparar um hectare de solo; para se ter um litro de inseticida, incluindo a produção e o processamento, consome-se 4.950 kcal e assim por diante. Por outro lado, um quilo de sementes de milho tem 3.964 kcal; um quilo de sementes de algodão possui 4.200 kcal de energia e um quilo de sementes de feijão equivale a 4.000 kcal de energia. Na agricultura

atual, tem-se encontrado valores abaixo de um (sistema muito ineficiente, caso da beterraba açucareira na Califórnia,  $E = 0,8$ ) a sistemas muito eficientes, como a cana de açúcar no Brasil, maior do que 8,5 e do arroz nas Filipinas, que pode chegar a 17.

Na verdade a eficiência cultural, quase que independe da produtividade obtida, entretanto, depende muito dos insumos que estão sendo utilizados, em particular dos: fertilizantes químicos, inseticidas, herbicidas entre outros.

Aqui no Brasil, na região Nordeste, há mais de 12 anos, os pesquisadores da Embrapa Algodão, CNPA, fizeram a estimativa da energia cultural em algodão perene mocó, que na época chegou a ocupar mais de 3,5 milhões de hectares plantados. Estes concluíram que no primeiro ano do ciclo (eram cinco anos de vida útil, econômica) consorciado com milho e feijão, a eficiência foi de 5,0, e chegou a 9,8 no quarto ciclo, ano este em que quase não se usavam insumos modernos.

## Referências Bibliográficas

BELTRÃO, N. E. M. Agronegócio das oleaginosas no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p.14-17, 2005.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; NÓBREGA, L. B.; LACERDA, M. R. B. **Estimativa da energia cultural na cotonicultura arbórea no nordeste brasileiro, comparando-se o mocó tradicional com o precoce**. Campina Grande: 1993. 18p. (EMBRAPA - CNPA. Boletim de Pesquisas, 29).

BELTRÃO, N. E. M.; GONDIM, T. M. S.; PEREIRA, J. R.; CARDOSO, G. D.; SEVERINO, L. S. Produtividade primária, coeficiente de migração e escore de produtividade da mamoneira cultivada em regime de sequeiro no Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA., 1., 2004, Campina Grande. **Energia e sustentabilidade - Manual do Congressista**. Campina Grande, 2004. p. 74.

BISWAS, A. K.; BISWAS, M. R. Energy and food production. *Agrosystems*, v. 2, p.195-210, 1976. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, 2006.

GAZZONI, D. L.; FELICI PAULO, H. N.; CORONATO, R. M. S. Balço energético das culturas de soja e girassol para produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, 2006. p.12-17.

LIMA, M. A.; BOEIRA, R. C.; CASTRO, V. L. S. S.; LIGO, M. A. V.; CABRAL, O. M. V.; VIEIRA, R. F.; LUZ, A. J. B. Estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p.169-189.

MACHADO, E. C. Fotossíntese e consumo de CO<sub>2</sub>. In: SAVY FILHO, A. **Mamona, tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. p.85-88.

OLIVEIRA, L. B. Biodiesel, combustível limpo para o transporte sustentável. In: RIBEIRO, S. K. **Transporte sustentável: alternativas para ônibus urbanos**. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ, 2001, p.79-112.

PARENTE, E. J. S. **BIODIESEL: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 2003. 68p.

SPEEDING, C. R. W.; WALSHINGHAM, J. M.; HOXEY, A. M. **Biological efficiency in agriculture**. London: Academic Press, 1981. 383p.

TEIXEIRA, L.C. Potencialidades de oleaginosas para a produção de biodiesel. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 299, p.18-27, 2005.



**Embrapa**

---

**Algodão**

**Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**

