



VI-107 - ÓLEO DO CAROÇO DE ALGODÃO NA BAHIA: UMA ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA DO BIODIESEL

Maria Santos Coelho⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Química (IFBA).

Ângela Maria Ferreira Lima

Doutoranda em Energia e Ambiente (CIENAM/UFBA). Mestre em Gerenciamento e Tec. Ambientais no Processo Produtivo (UFBA). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (UFPB). Engenheira Materiais (UFPB). Professora do Instituto Federal da Bahia (IFBA), *campus* Salvador.

Armando Hirohumi Tanimoto

Doutor em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília (UnB). Mestre em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo (UFBA). Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professor do Instituto Federal da Bahia (IFBA), *campus* Salvador.

Gabriela de Freitas Moreira Santos

Graduanda em Engenharia Química (IFBA).

Endereço⁽¹⁾: Rua Emídio dos Santos, s/n - Barbalho - Salvador - BA - CEP: 40300-010 - Brasil - Tel: (71) 2102-9507 - e-mail: maria.coelho93@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de realizar uma abordagem do ciclo de vida da cadeia produtiva do biodiesel a partir do óleo do caroço de algodão no estado da Bahia. Consideraram-se as principais entradas de matérias-primas e insumos, bem como as saídas dos resíduos nas etapas da agricultura, beneficiamento e extração do óleo bruto, visando futuros estudos dos potenciais impactos ambientais. A abordagem do ciclo de vida compreende o estudo de um sistema ou produto respaldando-se em conceitos utilizados pela ferramenta ambiental Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que auxilia as tomadas de decisões referentes aos potenciais impactos ambientais gerados por um sistema ou produto, desde a retirada da matéria-prima da natureza, englobando a produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem, até a disposição final. A metodologia empregada neste trabalho baseou-se em pesquisas científicas e de campo. Após um levantamento bibliográfico acerca da utilização do caroço de algodão para produção de biodiesel, fizeram-se visitas técnicas na Região Oeste do estado, envolvendo a agricultura, o beneficiamento e o esmagamento do caroço do algodão.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel, caroço de algodão, avaliação do ciclo de vida.

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do algodão no estado da Bahia cresceu de 2,4 mil hectares na safra 1995/96, para mais de 400 mil hectares na safra 2010/11, com os maiores municípios produtores localizados na Região Oeste: São Desidério, Correntina, Formosa do Rio Preto e Barreiras (ABAPA, 2011). Atualmente, o estado da Bahia é o segundo maior produtor nacional do algodão em caroço (30,3%), ficando atrás apenas do estado do Mato Grosso, que representa mais da metade da produção brasileira, 52,8% (CONAB, 2013).

Através do algodão em caroço (Figura 1) obtêm-se as fibras de maior porte ou plumas (principal produto comercial), as fibras mais curtas e o caroço de algodão, também conhecido por semente. É a partir deste coproduto que são obtidos, por extração mecânica, a torta, o farelo e o óleo bruto. Este último, após uma etapa de pré-refino é destinado para a produção de biodiesel.

A contribuição do óleo de algodão como matéria-prima para o biodiesel regional configura-se como a segunda oleaginosa mais utilizada dentro desta cadeia produtiva (ANP, 2013). Beltrão et al. (2011) avaliam positivamente a utilização deste óleo nos aspectos de qualidade e custo de produção. No que se refere à qualidade, o óleo de algodão fornece uma excelente matéria-prima devido à sua constituição equilibrada de ácidos graxos e baixa acidez, além de se tratar de um coproduto, apresentando um custo inferior aos demais óleos vegetais.

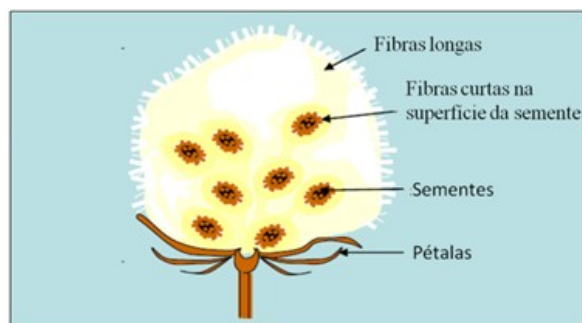


Figura 1- Diagrama do algodão em caroço aberto com a posição relativa dos seus componentes.
Fonte: Hebner, 2010.

Do ponto de vista ambiental, o biodiesel pode ser estudado através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Essa ferramenta estuda os potenciais impactos ambientais, ao longo do ciclo de vida de um produto, através de quatro fases: definição de objetivo e escopo do trabalho, análise de inventário do ciclo de vida (ICV), avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) e interpretação do ciclo de vida (ABNT, 2009). Essas etapas envolvem, dentre outros aspectos, as delimitações do trabalho, coleta de dados para elaboração de inventários (fluxos mássicos e energéticos) e estudo dos resultados obtidos a partir da aplicação desses dados.

A existência de estudos internacionais acerca da utilização do óleo do caroço de algodão para a produção de biodiesel, como o *Cottonseed Oil LCA Data* (NATIONAL COTTONSEED PRODUCTS ASSOCIATION, 2011) e o *Analysis of innovative feedstock sources and production technologies for renewable fuels* (HEBNER, 2010), sugere o desenvolvimento de estudos brasileiros que auxiliem no conhecimento dos principais fluxos envolvidos na produção dessa matéria-prima.

A elaboração da abordagem do ciclo de vida do óleo obtido a partir do caroço de algodão foi feita considerando as principais entradas (matérias-primas e insumos) e saídas (produtos, resíduos e emissões) referentes às seguintes etapas da cadeia produtiva: agricultura, beneficiamento e extração do óleo bruto. Em cada etapa foi explicado o processo envolvido, como também a importância dos fluxos gerados e consumidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a viabilidade do estudo, a metodologia utilizada foi documental e de pesquisa de campo. Primeiramente em livros, artigos científicos, sites institucionais e associações de classe como a Associação Baiana dos Produtores de Algodão (ABAPA) e Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA). Em seguida, com visitas técnicas à Região Oeste da Bahia, em julho de 2013, para maior conhecimento do processo da agricultura e do beneficiamento do algodão no município de São Desidério, e uma empresa de extração do óleo bruto na cidade de Luís Eduardo Magalhães.

RESULTADOS OBTIDOS

CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL DO ÓLEO DO CAROÇO DE ALGODÃO

A produção do biodiesel a partir do óleo do caroço de algodão pode ser descrita através de cinco etapas, conforme a Figura 2. Neste trabalho estudaram-se três etapas: a agricultura, beneficiamento e extração do óleo bruto. Na fase da agricultura ocorre a plantação do algodão em caroço nas fazendas, que é encaminhado para a separação entre o caroço e as fibras nas usinas de beneficiamento (algodoeiras). A extração do óleo bruto é feita nas empresas esmagadoras, seguido de um tratamento nas indústrias de refino, para então ser destinado à produção de biodiesel.

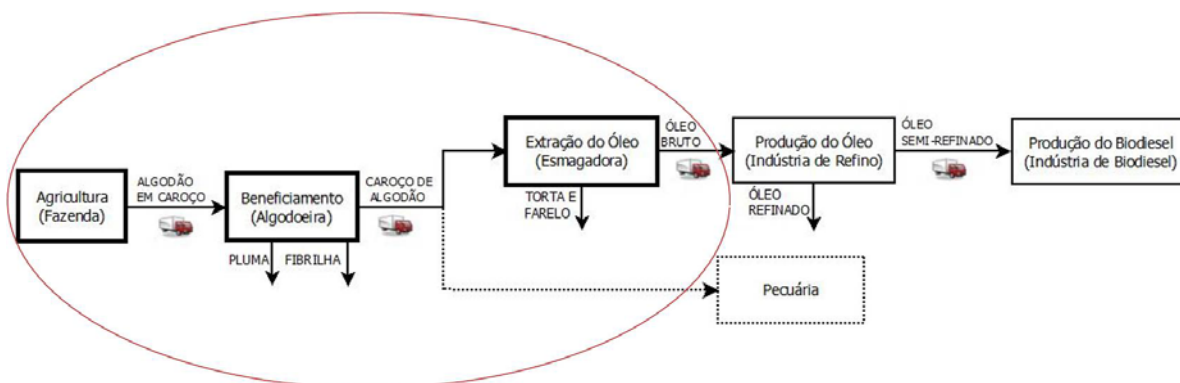


Figura 2 – Cadeia produtiva do biodiesel a partir do óleo de algodão.
Fonte: Elaboração própria.

As principais entradas e saídas associadas às etapas responsáveis pela obtenção do óleo bruto serão descritas a seguir.

PRIMEIRA ETAPA: AGRICULTURA

Através da visita técnica realizada a uma fazenda e a uma algodoeira, observou-se que a etapa da agricultura característica da região apresenta o sistema de cultivo sequeiro, no qual o suprimento de água na lavoura é decorrente apenas do regime pluviométrico. O outro sistema produtivo é o irrigado, cuja produtividade é mais alta, porém, necessita de grande quantidade de água disponível, o que não ocorre na região. Mesmo assim, devido à alta tecnologia utilizada pelos grandes agricultores, a produtividade do algodão em caroço na Bahia (3.900 kg por hectare plantado) foi maior do que a produtividade brasileira (3.815 kg/ha), na Safra 2012/13 (CONAB, 2013).

Os principais insumos utilizados para a agricultura do algodão em caroço são: sementes, adubos, corretivos, herbicidas, inseticidas, fungicidas, desfolhantes e maturadores; além do uso de combustível em atividades de transporte. Essas entradas são ilustradas na Figura 3 juntamente com suas principais saídas.

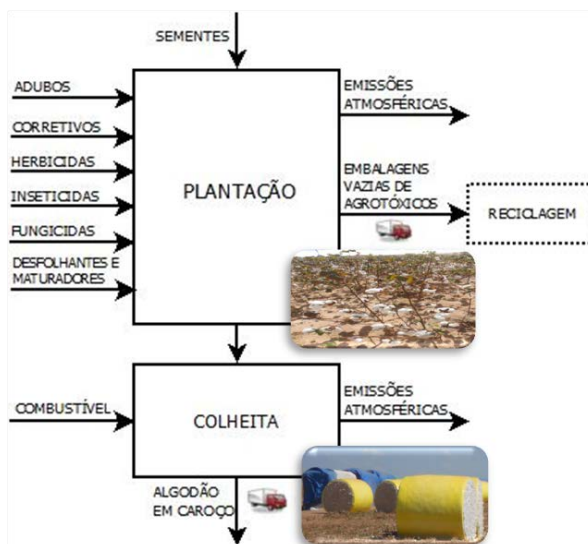


Figura 3: Principais fluxos mássicos da etapa de agricultura.
Fonte: Elaboração própria.

Freire (2011) qualifica a utilização de alguns insumos para a cultura do algodão conforme suas respectivas contribuições na lavoura. As sementes caracterizam a espécie do algodoeiro e a adubação é feita para o

fornecimento de nutrientes à cultura. Os corretivos são utilizados para corrigir a acidez do solo, neutralizar o alumínio trocável, elevar a saturação por bases e fornecer cálcio e magnésio para a cultura. Os herbicidas matam ou retardam o crescimento de plantas daninhas, os inseticidas controlam a incidência de pragas e os fungicidas combatem os fungos responsáveis por doenças na lavoura. Os desfolhantes e maturadores são produtos químicos utilizados com o propósito de otimizar o desempenho da colheita

A fazenda visitada utiliza sementes transgênicas para conferir maior resistência ao algodoeiro durante o cultivo. A correção do solo é feita por calcário e a adubação através de macronutrientes nitrogenados, fosfatados e potássicos, além de micronutrientes (enxofre e boro). Em relação aos demais insumos, verificou-se a utilização de produtos organofosforados, nitrogenados, piretróides, dentre outros.

A utilização de combustível está associada ao uso de maquinários agrícolas em atividades como a colheita e o transporte dos fardões do algodão em caroço na fazenda.

O consumo de produtos usados na lavoura difere ano a ano (quali e quantitativa), em virtude da variação do índice pluviométrico e incidência de pragas. Por exemplo, o insumo denominado por regulador de crescimento não é utilizado em safras com longos períodos de seca, uma vez que a ausência de água na cultura já é capaz de retardar o desenvolvimento das plantas. Da mesma forma, a incidência de pragas, como o bicudo, influencia em aplicações extras de produtos químicos sobre o algodoeiro.

A partir dos insumos utilizados, alguns autores consideram que existam emissões atmosféricas decorrentes, como a emissão de dióxido de carbono devido ao consumo de calcário, a emissão de compostos nitrogenados decorrente do uso da uréia, além das emissões associadas ao uso de combustível durante os transportes internos.

Quanto aos resíduos gerados das embalagens vazias de agrotóxicos, verificou-se a presença de duas estações de recebimento na região, localizadas uma no distrito de Roda Velha e a outra na estrada que liga os municípios de Luís Eduardo Magalhães a Barreiras. Esses pontos de coleta, gerenciados pela associação dos agricultores, contam com técnicos treinados para o manuseio, empacotamento e destina-as ao processo de reciclagem junto aos fabricantes das mesmas embalagens localizadas no estado de São Paulo.

SEGUNDA ETAPA: BENEFICIAMENTO

A etapa de beneficiamento corresponde às operações necessárias para a separação entre o caroço de algodão e as suas fibras. O processo se inicia com o recebimento do fardão de algodão em um equipamento denominado regionalmente por “piranha”, onde ocorre o seu desmanche. Posteriormente, o algodão passa por uma série de etapas para a remoção de cascas, gravetos e demais impurezas. A obtenção do caroço é feita em um descarçador, no qual o caroço é enviado por jato de ar a um galpão, onde é feito o seu armazenamento, sendo as fibras encaminhadas para as etapas de limpeza, agregação, umidificação, compressão, e posterior confecção dos fardos da pluma para o setor têxtil.

A abordagem do ciclo de vida dessa etapa envolve o consumo do algodão em caroço, de energia elétrica para o funcionamento das máquinas, a emissão de resíduos sólidos (impurezas), o caroço de algodão, a pluma e a fibrilha, conforme a Figura 4. O diagrama tracejado ilustra alguns insumos necessários para a obtenção da pluma, apesar do ciclo produtivo do óleo não abranger o consumo de água nessa etapa, a imagem tem o intuito de mostrar a destinação de parte dos resíduos gerados durante o beneficiamento. A pluma é direcionada para o setor têxtil, e a fibrilha é uma saída com pouco valor comercial.

Através do algodão em caroço processado nas algodoeiras, considera-se um aproveitamento mássico de 51% do caroço de algodão, acompanhado de 40,5% de pluma, 1,7% de fibrilha e 6,8% de resíduos retirados durante o beneficiamento.

Uma parte dos resíduos gerados durante o processo de limpeza do algodão em caroço é utilizado para a alimentação da caldeira, minimizando os custos com o seu descarte, e eliminando a demanda por combustíveis para a geração de vapor utilizado na umidificação das fibras. Apesar desse processo ser uma etapa específica da obtenção das fibras, não fazendo parte da produção do óleo bruto, identificam-se práticas de melhorias que reduzem o impacto indireto do sistema estudado.

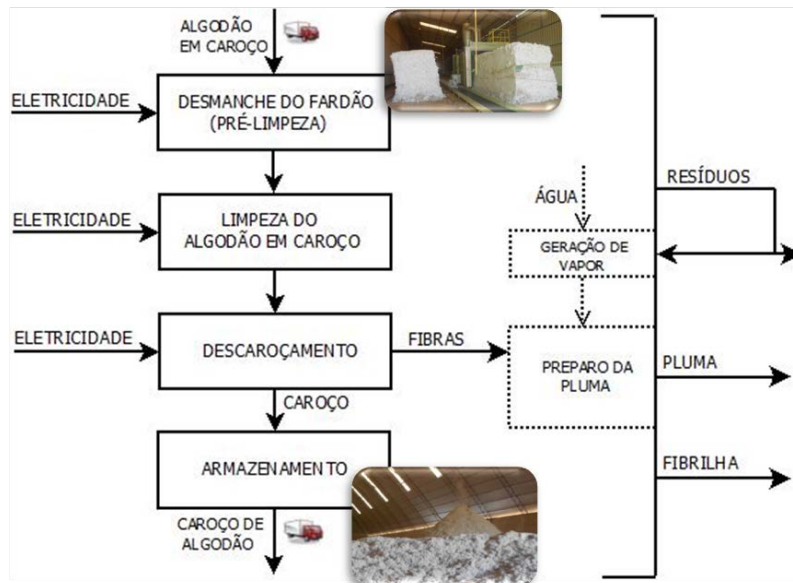


Figura 4: Principais fluxos mássicos no beneficiamento do algodão em caroço.
Fonte: Elaboração própria.

Nem todo caroço do algodão produzido é destinado à produção do óleo. Embora as empresas não possuam valores exatos acerca da distribuição desse mercado, Neves (2012) estimam que cerca de 40% do caroço de algodão obtido no beneficiamento é enviado *in natura* para o consumo animal. Dessa forma, a etapa de esmagamento é responsável por processar 60% dessa saída.

TERCEIRA ETAPA: EXTRAÇÃO DO ÓLEO

Na empresa de esmagamento, o caroço de algodão é armazenado através de silos e, posteriormente, são retiradas pequenas impurezas por meio de peneiras de chapas perfuradas. A partir de então, o caroço é triturado em partes menores, através de moinhos de disco ou martelo, e são encaminhados para a etapa de cozimento. As pequenas partes do caroço são aquecidas em tachos de cozimento alimentados por vapor, facilitando, assim, a extração do óleo. Após a prensagem da massa aquecida, ocorre a separação entre a torta, que pode ser ensacada no formato de torta de algodão ou farelo, e o óleo bruto, que é decantado e centrifugado para posterior armazenamento em tanques. A abordagem do ciclo de vida para a extração do óleo bruto é ilustrada na Figura 5.

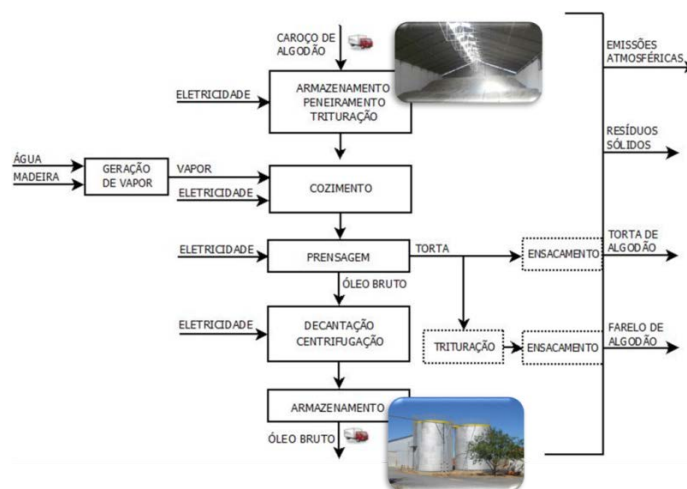


Figura 5: Ciclo de vida da extração mecânica do óleo de algodão.
Fonte: Elaboração própria.



Para a extração do óleo bruto foi identificado o uso de eletricidade, fornecido pela concessionária local para o funcionamento das máquinas e o consumo de água e madeira para alimentação da caldeira que fornece vapor para o cozimento do caroço.

As saídas dessa etapa estão associadas às emissões atmosféricas oriundas da combustão da madeira durante a produção de vapor, às perdas do processo (resíduos), a torta, o farelo e o óleo bruto.

Através da extração mecânica do óleo do caroço de algodão, considera-se um aproveitamento de óleo para produção do biodiesel em torno de 10%. Grande parte da matéria prima (83%) é transformada em torta e farelo para ser comercializada como ração animal, sendo a percentagem remanescente (7%) considerada como perda de processo

A partir da quantidade de óleo contida no caroço do algodão (16% em massa), é feita uma retirada parcial do óleo bruto (10%) para a produção de biodiesel. Nem todo o seu conteúdo pode ser retirado durante o esmagamento, uma vez que o teor protéico da torta e farelo é dado pela presença do óleo na ração, abrangendo 6% da matéria-prima.

O óleo bruto é enviado para uma empresa de refino, localizada no município de Feira de Santana, onde ocorre a produção do óleo semi-refinado. Esse óleo é enviado para a unidade da Petrobrás, localizada no município de Candeias, onde ocorre a transesterificação e posteriormente a especificação comercial do biodiesel para atender à demanda de mercado. Nessa etapa ocorre a geração da glicerina, cuja preocupação na sua destinação tem demandado pesquisas.

De acordo com BIODIESELBR (2013), existem duas usinas de biodiesel ativas no estado da Bahia: Petrobras, em Candeias; e a V-biodiesel em Iraquara. Esta última processa em sua grande maioria óleo oriundo da soja e gordura bovina.

Em todas as etapas devem ser considerados os meios de transportes utilizados, uma vez que o rodoviário impera devido à inexistência de outros modais disponíveis. As emissões atmosféricas, provenientes do uso de combustíveis fósseis nos caminhões e associadas à combustão dos materiais sólidos nas caldeiras, caracterizam um potencial impacto tanto à saúde humana como ambiental da região.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo de caso, conclui-se que a reutilização de parte dos resíduos gerados como combustíveis, durante a etapa de beneficiamento, contribui para a minimização do descarte inadequado dessa saída.

Na etapa de extração do óleo, a obtenção dessa matéria-prima é feita considerando o teor necessário para que a torta gerada se configure como alimentação animal com destinação no mercado nordestino. Durante a extração mecânica do óleo do caroço de algodão não são utilizados solventes, o uso de produtos químicos é feito por outras empresas durante a especificação do óleo para a indústria de biodiesel.

O caroço de algodão disponível para ser usado como matéria prima para obtenção do biodiesel sofre concorrência com a destinação do caroço *in natura*, da torta e do farelo de algodão para o mercado pecuário. O mapeamento da rota apresentada para produção do biodiesel, a partir do óleo do caroço de algodão na Bahia, conta com empresas presentes no próprio estado.

A utilização do biodiesel no setor energético brasileiro traz uma série de vantagens e desvantagens nos quesitos energético, econômico, social e ambiental. A ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma proposta viável para o estudo dos potenciais impactos ambientais da cadeia produtiva do biodiesel na Bahia, e baseia-se no uso de dados de um inventário (fluxos mássicos e energéticos) que represente a realidade da região.



AGRADECIMENTOS

Ao IFBA, *campus* Salvador, pela disponibilidade de recursos para a realização da visita técnica, à bolsa de iniciação científica concedida a Maria Santos Coelho e ao grupo de pesquisa Ecologia Industrial pelas oportunidades oferecidas.

Às empresas Busato Agrícola, L. Xavier e à Central Campo Limpo – Unidade Roda Velha, pelas informações fornecidas, que ajudaram a regionalizar os dados do estudo.

À FAPESB pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa “Avaliação do Ciclo de Vida de produtos regionais: Uma contribuição à cadeia produtiva dos biocombustíveis”, através do Edital 11/2011- Pró-pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (ANP), 2013. Boletim Mensal do Biodiesel. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 11 de dez. 2013.
2. ASSOCIAÇÃO BAIANA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO (ABAPA), 2011. Acompanhamento de Safra 2010/11. Disponível em: <<http://www.abapaba.org.br/acompanhamento-Safra>>. Acesso em: 28 de jan. 2013.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14040: **Gestão ambiental – Avaliação Ciclo de Vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.
4. BELTRÃO, N. E. de M. et al. **Industrialização do caroço de algodão**. In: Freire, E. C. (Org.). Algodão no Cerrado do Brasil. 2. ed. Goiânia: Abrapa, 2011. 1082 p.
5. BIODIESELBR, 2013. Usinas de biodiesel: Bahia. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/usinas/bahia.htm>>. Acesso em: 16 out. 2013.
6. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB), 2013. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos – Safra 2012/2013**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_01_09_17_44_20_boletim_graos_janeiro_2013.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2013.
7. FREIRE, E. C. (Org.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 2. ed. Goiânia: Abrapa, 2011. 1082 p.
8. GOOGLE MAPS, 2014. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-12.9016241,-38.4198075,12z>>. Acesso em: 27 fev. 2014.
9. HEBNER, Robert; ALLEN, David T. **Cottonseed oil biodiesel**. In: Analysis of innovative feedstock sources and production technologies for renewable fuels. Texas, 2010. Disponível em: <<http://www.utexas.edu/research/ceer/biofuel/pdf/EPA%20Analysis%20of%20Feedstocks%20Final%20Report%20Full.pdf>> Acesso em: 13 dez. 2012.
10. NATIONAL COTTONSEED PRODUCTS ASSOCIATION, 2011. **Cottonseed Oil LCA Data**. Cordova, TN, 2011. Disponível em: <<http://www.cottonseed.com/Whatsnew/Cottonseed%20-%20RFS2%20-%20Petition%20Appendices.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2012.
11. NEVES, Marcos F; PINTO, Mairun J. A. **A cadeia do algodão brasileiro: desafios e estratégias**. Abrapa, 2012. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/en/Documents/Livro%20A%20Cadeia%20do%20Algodao%20-%20Abrapa.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2012.