
AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DE ALGODÃO PARA EXTRAÇÃO DE NANOFIBRAS: SISTEMA DE PRODUÇÃO EM ROTAÇÃO COM SOJA E FORRAGEIRA

Scachetti, M.T.¹, Donke, A.C.G.¹, Suassuna, N.D.², Figueirêdo, M.C.B.³,
Kulay, L.A.⁴, Folegatti-Matsuura, M.I.S.¹

¹Embrapa Meio Ambiente; ²Embrapa Algodão; ³Embrapa Agroindústria Tropical; ⁴Escola Politécnica da USP; michelle.tscachetti@gmail.com; marilia.folegatti@embrapa.br

Projeto Componente: PC6 Plano de Ação: PA5

Resumo

Os nanomateriais, por suas propriedades físico-químicas únicas, podem estabelecer interações imprevistas com substâncias naturalmente presentes nos componentes ambientais, fazendo-se indispensável a avaliação dos seus impactos ambientais potenciais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição da fase agrícola da produção de algodão, matéria-prima para obtenção de nanofibras, no desempenho ambiental deste produto. Considerou-se o sistema de produção de algodão por plantio direto, em rotação com soja e forrageira. Para o sistema estudado, os impactos ambientais mais relevantes foram eutrofização de água doce e mudanças climáticas globais.

Palavras-chave: Inventário de Ciclo de Vida, ACV, impacto ambiental, rotação de culturas

Introdução

No cenário mundial, o Brasil se destaca como o quinto maior produtor de algodão, tendo produzido mais de 1,8 milhões de toneladas na safra recorde de 2011/12 (ABRAPA, 2013). A quantidade de subprodutos obtidos na cadeia produtiva do algodão é, por consequência, vultosa. Dentre estes subprodutos, destaca-se o línter de algodão, que corresponde a 10% da massa do caroço. Este subproduto é constituído por fibras curtas e contém mais de 90% de celulose.

A obtenção de nanopartículas de celulose a partir do línter de algodão - estudada no âmbito do projeto “Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio” (AgroNano2), desenvolvido pela Embrapa - tem se mostrado uma tecnologia promissora. Em recente trabalho, FIGUEIRÊDO et al (2013) compararam o impacto ambiental de cristais de celulose obtidos a partir de quatro fibras vegetais – línter, pluma de algodão, coco verde e bagaço de cana-de-açúcar. Um melhor desempenho ambiental foi observado quando a

pluma e o línter de algodão foram usados como matérias-primas devido, principalmente, ao menor consumo de energia e à menor emissão de poluentes na fase de extração dos nanocristais.

A fase agrícola de produção merece especial atenção, entendendo-se que a avaliação de impactos ambientais deve considerar o completo ciclo de vida do produto ou tecnologia. Hoje, no Brasil, o algodão é cultivado predominantemente em sistema de plantio direto e com rotação de culturas. Tem sido praticada a integração do algodão com a cultura do milho; com a de milho e forrageira (Santa Fé); e com a de soja e forrageira.

A rotação de culturas consiste em alternar, anualmente, espécies vegetais, em uma mesma área agrícola. As espécies escolhidas devem ter, ao mesmo tempo, finalidade comercial e de recuperação do solo. As vantagens da rotação de culturas são inúmeras. Além de proporcionar a produção diversificada de alimentos e outros produtos agrícolas, se conduzida de modo adequado e por um período suficientemente

longo, essa prática melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo; auxilia no controle de plantas daninhas, doenças e pragas; repõe matéria orgânica e protege o solo da ação dos agentes climáticos e favorece a adoção do sistema de plantio direto, outra prática conservacionista (EMBRAPA SOJA 2003).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os impactos ambientais potenciais do sistema de produção de algodão em rotação com soja e capim (*Panicum maximum*, cultivar Mombaça), pela abordagem da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). A produção de algodão é observada como uma etapa do ciclo de vida das nanoestruturas de celulose. Esta ACV poderá reorientar o desenvolvimento desta tecnologia, pela indicação dos seus principais processos causadores de impacto.

Materiais e métodos

O presente estudo baseou-se na norma ABNT NBR ISO 14044 (ABNT 2009).

Seu objetivo foi “avaliar o desempenho ambiental do sistema de produção de algodão em rotação com soja e capim (*Panicum maximum*, cultivar Mombaça), como etapa componente do ciclo de vida dos nanocristais de línter de algodão”.

O seguinte escopo foi estabelecido:

- Sistema de produto: sistema de produção integrado – soja, capim e algodão.
- Função: produzir algodão e soja. O capim é cultivado como espécie formadora de palha; não é colhido ou pastejado, portanto corresponde a um fluxo de produto em “closed looping”.
- Fluxo de referência: 3513 kg algodão e 3115 kg soja (correspondentes à produção de 1 ha, em um ciclo completo do sistema de produção).
- Fronteiras do sistema de produto: são abrangidos os subsistemas de produção de soja; capim; algodão; insumos agrícolas; diesel; e energia elétrica. As emissões decorrentes do uso de pesticidas nos processos agrícolas não foram contabilizadas.
- Método de Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida (AICV) e categorias de impacto: “ReCiPe Midpoint H, World”.
- Requisitos de qualidade de dados: cobertura temporal, 2010-2012; cobertura geográfica, Cerrado brasileiro; cobertura tecnológica, sistema

de produção de algodão, adotando-se as práticas de plantio direto e rotação com soja e capim (*Panicum maximum* variedade Mombaça); fonte dos dados, para os processos agrícolas, primária; para os demais processos, secundária (literatura técnica e científica, consulta a especialistas e base de dados Ecoinvent).

Resultados e discussão

Os inventários dos processos de produção de soja, capim e algodão foram elaborados, considerando-se os recursos consumidos e os produtos gerados em 1 ha de área, em um ciclo completo do sistema de produção integrado (Tab. 1 e 2). No inventário do capim, como a biomassa produzida permanece no sistema, apenas os recursos consumidos foram contabilizados, que corresponderam à ocupação de 1 ha de terra agriculturável e ao consumo de 25 kg de sementes de capim e de 3.82 kg de óleo diesel. A partir destes três inventários foi composto aquele correspondente ao sistema de produção integrado. Tab.1 Inventário da produção de soja em 1 ha: entradas

ICV Soja Cerrado, plantio direto, 1 ha	
Saídas conhecidas para a tecnosfera	
Produção de soja, kg	3.12E+03
Recursos da natureza	
Ocupação, ha	1.00E+00
Recursos da tecnosfera	
Sementes,kg	3.50E+03
Calcário,kg	1.00E+03
P2O5, kg	1.20E+02
K2O, kg	7.50E+01
S, kg	7.00E+01
B, kg	1.50E+00
Cu, kg	2.50E+00
Mn, kg	6.00E+00
Zn, kg	6.00E+00
Herbicidas, kg	1.08E+01
Inseticidas, kg	6.16E-01
Fungicidas, kg	9.75E+00
Inoculante Bradyrhizobium, kg	4.20E+00
Óleo Diesel, kg	6.54E+01

O processo de produção de capim foi, dentre os processos agrícolas componentes do sistema integrado de produção, aquele com menor potencial de causar impactos ambientais.

Para o sistema estudado, os impactos ambientais mais relevantes foram eutrofização de água doce e mudanças climáticas globais. Para ambas as categorias, o processo de produção de algodão foi o maior causador de impactos.

O processo de produção de algodão respondeu por 85,3% do impacto na categoria eutrofização

de água doce, sendo seu principal contribuinte o fosfato residual no solo, originário do fertilizante sintético.

Também para a categoria mudanças climáticas globais a produção de algodão foi o processo mais impactante, cuja causa principal foi o dióxido de carbono emitido pela combustão do diesel consumido nas operações agrícolas e, com menor importância, pelo emitido em função do uso de calcário.

Tab.2 Inventário da produção de algodão em 1 ha: entradas

ICV Algodão Cerrado, plantio direto, 1 ha	
Saídas conhecidas para a tecnosfera	
Produção de algodão, kg	3.51E+03
Recursos da natureza	
Ocupação, ha	1.00E+00
Recursos da tecnosfera	
Sementes,kg	1.40E+01
Sulfato de amonio, como N, kg	2.00E+02
Ureia, como N, kg	1.41E+02
Superfosfato simples, como P2O5, kg	6.67E+02
Cloreto de potássio, como K2O, kg	2.18E+02
Borax, kg	1.82E+01
Sulfato de zinco, kg	1.00E+01
Herbicidas,kg	1.65E+01
Inseticidas, kg	8.87E+00
Fungicidas, kg	1.93E+00
Reguladores de crescimento, kg	4.70E+00
Óleo Diesel, kg	2.65E+02

Apesar de não terem sido contabilizadas as emissões derivadas do uso de pesticidas, foram relativamente importantes os impactos referentes à toxicidade humana e à ecotoxicidade de água doce, ocasionados por substâncias aportadas ao sistema por meio dos fertilizantes, como metais pesados e fósforo. A ecotoxicidade também foi apontada por Silva et al. (2012) e Donke et al. (2013).

Conclusões

As técnicas de plantio direto e rotação de culturas são preconizadas como conservacionistas. Os benefícios ambientais dos sistemas que adotam esta tecnologia devem ser confirmados pela sua comparação com sistemas convencionais e de monocultura, o que será objeto de estudo de futuros trabalhos.

Considerando-se o sistema integrado (soja, capim e algodão) per si, a Avaliação de Ciclo de Vida apontou algumas oportunidades de melhoria. O consumo de calcário, bem como o de fertilizantes, especialmente o fosfatado, foi

bastante elevado. Este consumo, além de representar a mobilização de recursos naturais, traz como consequência emissões indesejáveis. Já o aporte de fertilizantes nitrogenados foi menor, devido à presença da soja - cultura fixadora de nitrogênio - no sistema. A otimização do aproveitamento de nutrientes é justamente um dos benefícios esperados da rotação de culturas. É possível que a permanência deste sistema por um maior período venha a reduzir esta dependência de aporte de insumos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, Capes, Finep, Projeto MP1 Rede Agronano 2 – Embrapa e Projeto Jatrop – FP7 Comissão Europeia.

Referências

- ABRAPA. O algodão no Brasil. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Brasil.aspx>> Acesso em: 10 abr 2013.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14044: gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.
- DONKE, A. C. G.; BARRANTES, L. D. S.; SCACHETT, M.T.; SUASSUNA, N. D.; FIGUEIREDO, M. C. B. DE; KULAY, L.; MATSURA, M. I. DA S. F. Life cycle impact assessment of cotton production in the Brazilian Savanna. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ASSESSMENT, CILCA, 5., 2013, Mendoza. Sustainability metrics from cradle to grave: proceedings. Mendoza: Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, 2013. p. 189-195
- EMBRAPA SOJA. 2003. Rotação de Culturas. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/rotacao.htm>> Acesso em: 8 abr 2013.
- FIGUEIRÊDO, M. C. B.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S.; SOUZA FILHO, M. S. M.; ROSA, M. F.; BRAID, A. C. S.; DIAS, A. F. Environmental impacts of cellulose nanowhiskers obtained from tropical vegetal fibers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NATURAL FIBERS - INCF, 1, 2013, Guimarães. Anais... Guimarães: 2013. Prelo.
- SILVA, T. L.; BARBOSA, P. P.; ANGELIS NETO, G. Impactos ambientais da cadeia têxtil do algodão por meio da avaliação do ciclo de vida. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM GESTÃO DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E SERVIÇOS - CBGCV, 3, 2012, Maringá. Anais... Maringá: UEM, 2012. p. 261-267.