



Avaliação do ciclo de vida da produção de algodão no cerrado brasileiro

K. R. Costa¹, J. F. Picoli², L. G. S. Hilara³, M. T. Scachetti⁴, A. C. G. Donke⁵, N. D. Suassuna⁶, M. A. B. Morandi⁷, M. I. S. F. Matsuura⁷

¹ USF – Universidade São Francisco

² FEM – Universidade Estadual de Campinas

³ POLICAMP – Faculdade Politécnica de Campinas

⁴ USP – Escola de Engenharia de São Carlos

⁵ USP – Instituto de Educação e Meio Ambiente

⁶ CNPA – Embrapa Algodão

⁷ CNPMA – Embrapa Meio Ambiente

Resumo. A produção de algodão tem crescido de forma significativa no Brasil e ganhado espaço no cenário internacional. Esta cultura ocupou uma área de 1,12 milhão de hectares, com uma produção de 4,40 milhões de toneladas na safra de 2013/2014. O Cerrado é o principal bioma onde o algodão é cultivado no país, respondendo por 95% da produção nacional. Neste bioma, o algodão é produzido em sistemas integrados, compostos por duas ou mais culturas agrícolas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho ambiental dos três principais sistemas de produção de algodão praticados no Cerrado brasileiro: 1) algodão, em rotação com milho, capim, e soja (AMCS); 2) algodão, em sucessão com soja e capim (ASC); 3) algodão em sucessão com a cultura do milheto (AM). Adotou-se a abordagem da Avaliação do Ciclo de Vida, tendo como referência as normas da série ISO 14040. Para a composição dos inventários, os dados dos sistemas de produção de algodão foram obtidos por consulta a produtores, especialistas e à literatura técnica e científica. Os outros inventários foram obtidos da base de dados ecoinvent v3.1. O método de avaliação de impactos utilizado foi o ReCiPe Midpoint (H) v1.12/World ReCiPe H, processado com apoio do software SimaPro v. 8.1.1.16. Os resultados mostraram que o sistema AMCS, mais complexo, obteve o melhor desempenho ambiental em todas as categorias de impacto analisadas, com exceção da Ecotoxicidade de Água Doce e Terrestre, onde, pelo contrário, obteve o pior desempenho. Isto ocorreu em decorrência do uso da cipermetrina, inseticida altamente tóxico, aplicado à cultura do milho. Os fertilizantes, especialmente os nitrogenados, também representaram uma importante fonte de impactos, com efeitos sobre as categorias Toxicidade Humana, Acidificação Terrestre, Formação de Material Particulado, Formação de Oxidação Fotoquímica e Mudança do Clima. Já o fertilizante fosfatado causou o impacto de Eutrofização de Água Doce. A adoção ou intensificação de práticas conservacionistas, como o controle biológico, a rotação de culturas, o emprego de espécies fixadoras de nitrogênio e da adubação verde, poderia mitigar tais impactos.

Palavras-chave. Cotonicultura, sistema de produção, desempenho ambiental.

Introdução

Condições ambientais favoráveis e avanços tecnológicos permitiram ao Brasil passar de maior importador mundial de algodão para o terceiro maior exportador do produto em doze anos (MAPA, 2016), e o quinto maior produtor mundial da cultura, alcançando cerca de 4,40 milhões de toneladas na safra 2013/2014 (CONAB, 2015). A produção de algodão no país se concentra no Cerrado, com 95% da produção nacional. Neste bioma predomina o cultivo do algodão em sistemas de produção caracterizados pelo plantio direto e rotação ou sucessão de culturas.

O plantio direto é uma prática consolidada no Brasil e consiste no plantio em solos sem preparo mecânico, sendo realizada a abertura de sulcos sob os restos vegetais de cultivos anteriores (DERPSCH, 2008). Estes resíduos, além de protegerem o solo contra a erosão, possibilitam a ciclagem de nutrientes (ROSOLEM et al., 2003).

A rotação de culturas se caracteriza pela alternância ordenada, cíclica (temporal) e sazonal de diferentes espécies vegetais em um espaço produtivo específico. Já a sucessão de culturas é caracterizada pela repetição sazonal de uma sequência de duas espécies vegetais no mesmo espaço produtivo, por vários anos (HIRAKURI et al., 2012). A rotação e a sucessão de culturas proporcionam vantagens, tais como: (a) diversificação da produção; (b)



melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, pela proteção contra intempéries e reposição de matéria orgânica, dentre outros; (c) auxílio no controle de pragas e doenças (EMBRAPA SOJA, 2003).

Sistema de produção deve ser entendido como o sistema composto pelo conjunto de cultivos e de criação no âmbito de uma propriedade rural, definidos a partir dos fatores de produção (terra, capital e mão-de-obra) e interligados por um processo de gestão (HIRAKURI et al., 2012). A produção do algodão foi considerada no contexto dos sistemas de produção de que participa. Os sistemas estudados foram: (1) algodão, em rotação com milho, capim e soja (sistema Santa Fé, AMCS); (2) algodão, em rotação com capim e soja (ACS); e (3) algodão, em sucessão com milheto (AM). Foram escolhidos por serem os mais praticados no Cerrado brasileiro, embora as culturas participantes destes sistemas possam variar em função de questões climáticas e mercadológicas.

A cotonicultura tem a particularidade de consumir quantidade elevada de agrotóxicos, em especial inseticidas, por sua vulnerabilidade a pragas. Em decorrência da adoção de plantio direto, grande volume de herbicidas é também consumido, para a dessecação de matéria vegetal. O consumo de agrotóxicos tem reflexo nas categorias de impacto relacionadas à toxicidade. Porém, os sistemas integrados implicam no compartilhamento de recursos, o que pode concorrer para a sua maior eficiência. Estas questões são tratadas no presente estudo.

Material e Métodos

A metodologia deste trabalho baseou-se nos requisitos técnicos da norma ABNT NBR ISO 14044 (ABNT 2009).

Definição de objetivo e escopo

Objetivo

O objetivo do estudo foi avaliar o desempenho ambiental da produção de algodão, por abordagem da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), considerando os sistemas mais praticados no cerrado brasileiro: (1) algodão, em rotação com milho, capim e soja; (2) algodão, em rotação com capim e soja; e (3) algodão, em sucessão com milheto.

Sistema de produto, função, unidade de análise, fronteiras

Foram definidos como sistemas de produto os sistemas de produção de algodão integrados - AMCS, ACS, AM. Informações do escopo (função, unidade de análise, fronteiras do sistema de produto) são apresentadas na Tabela 1. As Mudanças de Uso da Terra (MUT) e as emissões delas decorrentes não foram consideradas neste trabalho.

Tabela 1: Escopo dos sistemas de produto.

	AMCS	ACS	AM
Sistema de produto	Produção integrada de algodão, milho, capim e soja	Produção integrada de algodão, capim e soja	Produção integrada de algodão com milheto
Função	Produzir algodão, milho e soja. O capim é cultivado como espécie formadora de palha, não é colhido ou pastejado, correspondendo a um fluxo de produto em <i>closed looping</i>	Produzir algodão e soja. O capim é cultivado como espécie formadora de palha; não é colhido ou pastejado, correspondendo a um fluxo de produto em <i>closed looping</i>	Produzir algodão. O milheto é cultivado como espécie formadora de palha, correspondendo a um fluxo de produto em <i>closed looping</i>
Unidade de análise	1 ha por dois anos, nos quais se processou um ciclo completo do sistema de produção, resultando em 3513 kg de algodão, 17400 kg de	1 ha por dois anos, nos quais se processou um ciclo completo do sistema de produção, resultando em 3513 kg algodão e 3150 kg soja	1 ha por dois anos, nos quais se processaram dois ciclos completos do sistema de produção, resultando em 7026

	milho e 3150 kg de soja		kg algodão
Fronteiras do sistema	Foram abrangidos os subsistemas de produção de algodão, milho, capim e soja, insumos agrícolas e diesel. O transporte dos produtos dentro da área agrícola não foi considerado	Foram abrangidos os subsistemas de produção de algodão, capim e soja, insumos agrícolas e diesel. O transporte dos produtos dentro da área agrícola não foi considerado	Foram abrangidos os subsistemas de algodão e milheto, insumos agrícolas e diesel. O transporte dos produtos dentro da área agrícola não foi considerado

*Dados referentes aos anos 2011/2012, disponibilizados por especialista, representando o sistema típico da região.

Fontes de dados

Os dados que caracterizam os sistemas de produção de algodão do cerrado reúnem informações sobre as tecnologias empregadas, insumos consumidos e produtos gerados. Correspondem a sistemas típicos da região e foram obtidos pelo consenso de informações fornecidas por produtores e especialistas.

Os dados de emissões dos processos agrícolas foram estimados com base em modelos apresentados na literatura científica (CANALS, 2003; NEMECEK & SCHNETZER, 2011), adequados para as condições brasileiras. A lixiviação e perda de fósforo por escoamento superficial não foram contabilizadas nos inventários devido à baixa solubilidade deste elemento nos solos brasileiros (NOVAIS & SMYTH, 1999).

Os inventários da produção de fertilizantes foram gerados por especialistas do Grupo de Prevenção à Poluição da USP (GP2). Os demais inventários da produção de insumos agrícolas (calcário, gesso e pesticidas) corresponderam aos disponíveis na base de dados ecoinvent v. 3.1.

Alocação

A composição dos inventários de cada sistema integrado atribuiu a cada cultura a produção por ela gerada em um ha por dois anos, tempo no qual o sistema de ciclo mais longo (AMCS) se completa. Portanto, não houve alocação. Para os recursos e insumos compartilhados pelas culturas dos sistemas integrados – terra ocupada, calcário e gesso – houve alocação por critério de paridade e por critério de tempo de ocupação da terra (Tabela 2).

O capim componente dos sistemas AMCS e ACS, e o milheto componente do sistema AM, são produzidos como cobertura vegetal para conservação do solo. Em cada sistema de produção, o tempo de ocupação do solo pelo capim foi alocado entre as outras culturas também por critério de tempo de ocupação do solo. No caso do sistema AM, a ocupação do solo no ciclo de produção foi inteiramente atribuída ao algodão (Tabela 2).

Tabela 2: Critérios de alocação para os recursos e insumos compartilhados dentro de cada sistema de produção.

Sistema	Cultura	Tempo de ocupação (dias)	*FA ocupação	*FA paridade
AMCS	Soja	110	0,23	0,25
	Milho (2 safras)	220	0,47	0,50
	Capim (2 safras)	240	---	---
	Algodão	160	0,30	0,25
ACS	Soja	110	0,47	0,50
	Capim (2 safras)	460	---	---
	Algodão	160	0,53	0,50
AM	Algodão (2 safras)	320	1,00	1,00
	Milheto (2 safras)	410	---	---

*FA= fator de alocação

Método para avaliação de impactos do ciclo de vida

Para a avaliação dos impactos do ciclo de vida (AICV) foi adotado o método ReCiPe Midpoint (H) V1.12 / World ReCiPe H, desconsiderando-se as categorias de impacto não pertinentes à natureza dos processos em estudo. Foi usado como software de apoio o SimaPro®, versão 8.1.1.16.

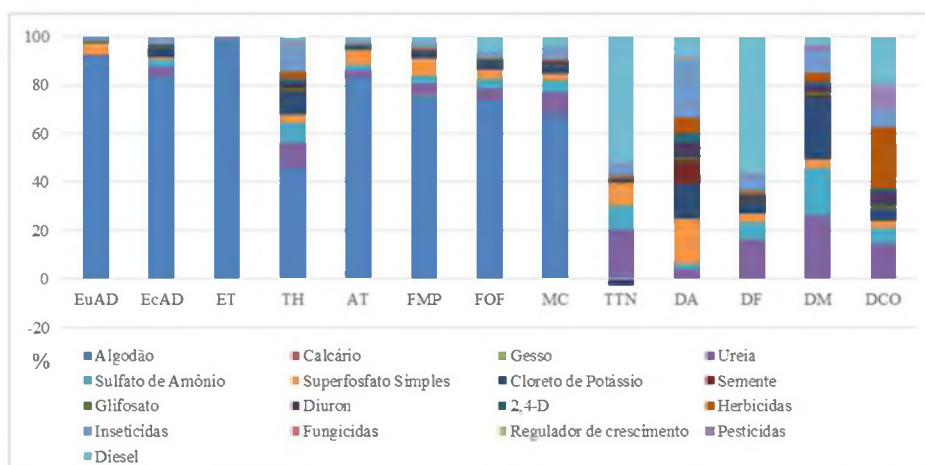
Resultados e Discussão

Os recursos e insumos compartilhados pelos produtos agrícolas dos sistemas de produção de algodão foram alocados em função dos critérios de alocação “paridade” e “tempo de ocupação do solo”. A comparação dos dois critérios mostrou não haver diferenças maiores que 5% nos resultados da avaliação de impactos ambientais para todas as categorias avaliadas. Assim, optou-se pelo critério de paridade, para a discussão.

O perfil ambiental da produção de algodão foi analisado. Quando os resultados da avaliação de impactos são normalizados, três categorias, dentre as 13 consideradas, destacam-se: Eutrofização de Água Doce (EuAD), Ecotoxicidade Terrestre (ET) e Ecotoxicidade de Água Doce (EcAD).

Para o algodão produzido no sistema AMCS, por exemplo, o principal processo do ciclo de vida que contribui para o impacto EuAD é a fase agrícola (respondendo por 92,2% do impacto) (Figura 1). Nesta fase, a substância impactante é o fósforo (2,49 Kg P eq), adicionado ao sistema pelo fertilizante fosfatado (superfosfato simples - SSP), perdido para águas superficiais por erosão. Também concorrem para este impacto os processos de produção de SSP (4,7%) e de inseticidas (1,5%) – neste último caso, pela energia elétrica consumida no processo e pela geração de resíduos em etapas do ciclo de vida da produção de metanol, insumo da produção de inseticidas.

Figura 1. Perfil ambiental da produção de algodão: exemplo do sistema algodão-milho-capim-soja (AMCS), com alocação por critério de paridade, analisado por etapas do ciclo de vida.



EuAD: e Eutrofização de Água Doce; EcAD: Ecotoxicidade de Água Doce; ET: Ecotoxicidade Terrestre; TH: Toxicidade Humana; AT: Acidificação Terrestre; FMP: Formação de Material Particulado; FOF: Formação de Oxidação Fotoquímica; MC: Mudança do Clima; TTN: Transformação de Terra Natural; DA: Depleção de Água; DF: Depleção de Recursos Fósseis; DM: Depleção de Metais; DCO: Depleção da Camada de Ozônio.

Para EcAD, o processo agrícola responde por 84% do impacto total, com a geração de 13,4 kg de 1,4 DB eq. Nesta fase, as substâncias causadoras de impacto são Diuron (6,7 kg 1,4 DB eq), Clorpirifós (2,0 kg 1,4 DB eq), Metomil (1,75 kg 1,4 DB eq), Azoxistrobina (1,22 kg 1,4 DB eq), Malation (1,09 kg 1,4 DB eq) e Tiocarbe (0,348 kg 1,4 DB eq). O herbicida Diuron é usado para o controle de plantas invasoras, mas principalmente para a dessecação de matéria vegetal, para a prática do plantio direto. Os demais são inseticidas, e o fungicida Azoxistrobina. O algodão é uma planta muito vulnerável a pragas e doenças, por isso o grande número e volume de pesticidas consumidos e a importância do impacto de Ecotoxicidade. A produção de fertilizantes - cloreto de potássio (3,8%), ureia (3,6%) e sulfato de amônio (3,1%), e de inseticidas (2,17%) e, na produção de inseticidas, a eletricidade usada no processo, são também impactantes.

O processo agrícola respondeu por 99,6% da ET (31,2 kg 1,4D eq), sendo as principais substâncias causadoras do impacto as mesmas identificadas para a EcAD, exceto o Malation: Diuron (16,9 kg 1,4D eq), Metomil (3,66 kg 1,4D eq), Clorpirifós (3,61 kg 1,4D eq), Tiodicarbe (2,66 kg 1,4D eq) e Azoxistrobina (2,45 kg 1,4D eq).

Já para o impacto de Toxicidade Humana (TH, 144 kg 1,4 DB eq), a contribuição do processo agrícola é alta, mas menor que para as operações anteriores: 65,9 kg 1,4 DB eq ou 45,8%. Os processos de produção de inseticidas (11,3%), ureia (10,7%), cloreto de potássio (9,2%), sulfato de amônio (7,96%) e SSP (3,33%) são também importantes. Os principais contaminantes na etapa agrícola são os metais pesados aportados ao sistema pelos fertilizantes - Cádmio (32,6 kg 1,4 DB eq), Zinco (16,4 kg 1,4 DB eq), Chumbo (10,3 kg 1,4 DB eq) -, além de resíduos de pesticidas. A produção de fertilizantes também emite metais pesados, assim como a produção de inseticidas, neste último caso pelo seu consumo de eletricidade.

Quanto à Acidificação Terrestre (AT), o processo agrícola responde por 83,4% (11,1 kg SO₂ eq) deste impacto, que é gerado principalmente pelas emissões de amônia (NH₃, 9,13 kg SO₂ eq) e óxidos de nitrogênio (NO_x, 1,88 kg SO₂ eq) derivadas da aplicação de fertilizante nitrogenado. Outros processos produtivos influenciam este impacto, mas com contribuição muito menor: produção de fertilizantes (SSP, 6,1%; ureia, 3,1%; sulfato de amônio, 1,74%) e inseticidas (1,5%). Exatamente os mesmos processos e substâncias são causadores do impacto Formação de Material Particulado (FMP). Para esta categoria, o processo agrícola é responsável por 75,3% do impacto (1,95 kg PM₁₀ eq), sendo 1,19 kg PM₁₀ eq de NH₃ e 0,74 kg PM₁₀ eq de NO_x.

Os óxidos de nitrogênio são a principal substância causadora também do impacto de Formação de Oxidantes Fotoquímicos (FOF), sendo gerados 4,07 kg NMVOC t⁻¹ de algodão. Como nas categorias anteriores, o processo agrícola é a etapa do ciclo de vida mais impactante (74,2%, 3,38 kg NMVOC), seguido dos processos de produção de diesel (6,6%) e fertilizantes (ureia, 4,4%; SSP, 4,0%; sulfato de amônio, 3,5%; e KCl (3,1%).

A produção agrícola foi a mais impactante para Mudança do Clima (MC) também, respondendo por 68,2% deste impacto. A emissão de dióxido de carbono (CO₂) derivada da combustão do diesel nas operações agrícolas e da aplicação de ureia foi de 235 kg CO₂ eq t⁻¹ de algodão. A emissão de óxido nitroso (N₂O) foi de 212 kg CO₂ eq t⁻¹ de algodão. Não foram contabilizadas as emissões derivadas de MUT. A produção de ureia (9,0%), seguida pela produção de sulfato de amônio (4,8%), diesel (4,4%) e inseticidas (4,4%), têm participação importante em MC.

Os impactos de Transformação de Terra Natural (TTN), Depleção de Água (DA), Depleção de Recursos Fósseis (DF), Depleção de Metais (DM) e Depleção da Camada de Ozônio (DCO) foram gerados nos processos de produção de insumos agrícolas.

Não houve impacto da produção de algodão na TTN por não ter sido considerada a expansão da cotonicultura sobre vegetação nativa (MUT). A transformação de área para a extração de petróleo, para a produção de diesel (55%), e para a extração de gás natural, para a produção de fertilizantes (39%), respondem por este impacto.

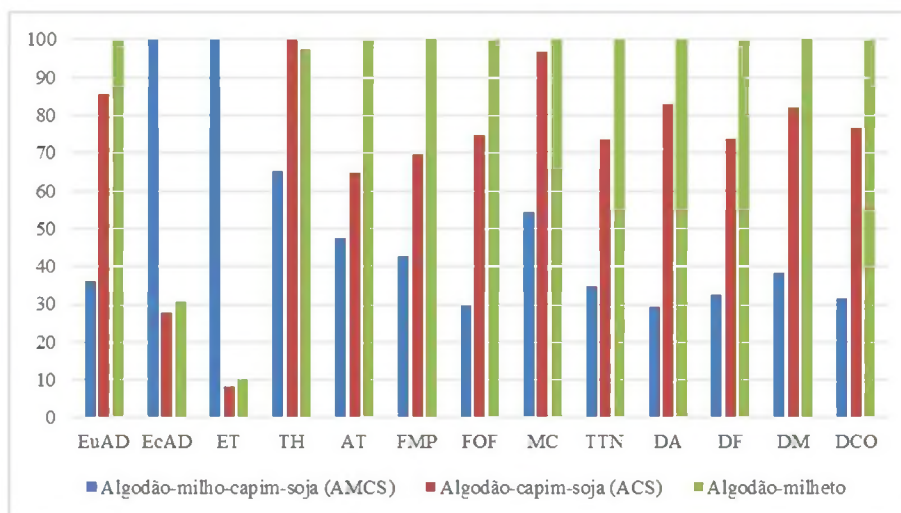
Não houve impacto da fase agrícola na depleção de recursos hídricos (DA), uma vez que os sistemas de produção de algodão no Cerrado não são irrigados. Entretanto, a produção de insumos, como os inseticidas (24%), que demandam muita energia elétrica, e os fertilizantes (SSP, 18%; KCl, 14%; e ureia, 4%), consomem água e foram identificados como os principais causadores da DA.

Os recursos fósseis consumidos na produção de algodão foram o petróleo (produção do diesel usado nas operações agrícolas e de transporte), e gás natural usado na produção de ureia (que respondem, respectivamente, por 56% e 14% da depleção destes recursos). A Depleção de Metais ocorre principalmente pelo consumo destes na estrutura das unidades industriais dedicadas à produção de insumos agrícolas (fertilizantes, 72%) e pesticidas (9%).

Por fim, a Depleção da Camada de Ozônio foi causada pelas emissões de metano geradas nos processos de produção de pesticidas (43%), diesel (19%) e ureia (14%).

O desempenho ambiental do algodão, entretanto, deve ser visto no contexto do sistema de produção no qual está inserido. Em um sistema de produção, mais de um produto é obtido na mesma área, em um ciclo agrícola. Assim, recursos e insumos são compartilhados e o impacto ambiental gerado por seu uso é dividido entre os produtos agrícolas obtidos. O perfil ambiental comparando os sistemas de produção de algodão é mostrado na Figura 2.

Figura 2: Perfil ambiental dos sistemas de produção algodão-milho-capim-soja (AMCS), algodão-capim-soja (ACS) e algodão-milheto (AM).



EuAD: e Eutrofização de Água Doce; EcAD: Ecotoxicidade de Água Doce; ET: Ecotoxicidade Terrestre; TH: Toxicidade Humana; AT: Acidificação Terrestre; FMP: Formação de Material Particulado; FOF: Formação de Oxidação Fotoquímica; MC: Mudança do Clima; TTN: Transformação de Terra Natural; DA: Depleção de Água; DF: Depleção de Recursos Fósseis; DM: Depleção de Metais; DCO: Depleção da Camada de Ozônio.

Em 11, das 13 categorias de impacto avaliadas, o sistema de produção algodão-milho-capim-soja (AMCS) foi o de melhor desempenho: EuAD, TH, AT, FMP, FOF, MC, TTN, DA, DF, DM, DCO. Isto é explicado pelo fato de o número de produtos e o volume de produção ser maior neste sistema (3513 kg de algodão, 17400 kg de milho e 3150 kg de soja). Por consequência, o sistema algodão-milheto (AM) foi o de pior desempenho.

Este comportamento diferiu apenas nas categorias de impacto de ecotoxicidade, onde o sistema AMCS teve o pior desempenho. A EcAD e a ET foram influenciadas pela cipermetrina, que respondeu por 90% e 97% destes impactos, respectivamente. Este inseticida é classificado como “extremamente tóxico” e “muito perigoso ao meio ambiente”. É usado na cultura do milho, que contribui com o maior volume de produção do sistema.

Conclusões

Este trabalho avaliou o desempenho ambiental da produção de algodão, considerando os sistemas mais praticados no cerrado brasileiro: (1) algodão, em rotação com milho, capim e soja (AMCS); (2) algodão, em rotação com capim e soja (MAS); e (3) algodão, em sucessão com milheto (AM). Os resultados mostraram que o sistema mais complexo, com maior número de produtos e volume de produção, o AMCS, obteve o melhor desempenho ambiental, justamente pelo efeito sinérgico da intensificação produtiva. Apenas nas categorias de ecotoxicidade o desempenho do sistema AMCS não foi superior ao dos demais, pelo uso da cipermetrina na cultura do milho, inseticida altamente tóxico e danoso ao meio ambiente. A redução destes impactos poderia ser alcançada por sua substituição por outro menos tóxico, dentro de um programa de manejo integrado de pragas. O mesmo vale para a cultura do algodão, que por sua vulnerabilidade a pragas e doenças faz uso de um grande número de pesticidas.

Os fertilizantes aportados ao sistema foram outra importante fonte de impactos, pela introdução de contaminantes sólidos (metais pesados) e pelas emissões geradas (NH₃, NO_x), de efeito tóxico ao ser humano e ao meio ambiente. As emissões de gases de efeito estufa (CO₂ e N₂O), derivadas da combustão do diesel e do uso de fertilizantes nitrogenados, também merecem atenção. O uso racional de fertilizantes químicos, a rotação de culturas, o emprego de espécies fixadoras de nitrogênio e de adubação verde são algumas práticas recomendadas para mitigar estes impactos, e que já estão sendo adotadas pelos sistemas integrados, mas poderiam ser intensificadas.



Referências

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14044: Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.
- CANALS, L. M. Contributions to LCA methodology for agricultural systems. Barcelona, 2003. 250 p. Tesis (Doutorat en Ciències Ambientals) – Unitat de Química Física del Departament de Química de la Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2003.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Monitoramento Agrícola: Cultivos de verão, 2ª safra e de inverno – Safra 2014/15.** 10º Levantamento, 2015.
- DERPSCH, R. Expansão mundial do plantio direto. Revista Plantio Direto, 2008.
- EMBRAPA SOJA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2003: Rotação de Culturas. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/rotacao.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2016.
- HIRAKURI, M. H.; DEBIASI, H.; PROCÓPIO, S. O.; FRANCHINI, J. C.; CASTRO, C. Sistemas de produção: conceitos e definições no contexto agrícola. Embrapa Soja – Londrina, 2012. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/download/Doc_335-OL.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.
- MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Algodão. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/algodao>>. Acesso em: 20 abr. 2016.
- NEMECEK, T.; SCHNETZER, J. Methods of assessment of direct field emissions for LCIs of agricultural production systems. Zurich, Data v3.0, 2012. Disponível em: <http://www.ecoinvent.org/fileadmin/talkpages/pages/01-01-cropproduction/01_crop_production_-_direct_field_emissions_natural_resources_v1.1.pdf> Acesso em: 28 jan. 2015.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.
- ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação do potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, p. 355-362, 2003.