

**XXI Reunião Nacional de Pesquisa de Girassol
IX Simpósio Nacional sobre a Cultura do Girassol
Anais**



AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO SOJA-GIRASSOL NO CERRADO BRASILEIRO

LIFE CYCLE ASSESSMENT OF SOYBEAN-SUNFLOWER PRODUCTION SYSTEM IN THE BRAZILIAN CERRADO

MARÍLIA I. S. FOLEGATTI MATSUURA¹, FERNANDO R. T. DIAS², JULIANA F. PICOLI³, KÁSSIO R. GARCIA LUCAS⁴, CESAR DE CASTRO⁵, MARCELO H. HIRAKURI⁵

¹ Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, 13820-000 Jaguariúna, SP. e-mail: marilia.folegatti@embrapa.br; ² Embrapa Pantanal, Corumbá, MS;

³ Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP; ⁴ Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR; ⁵ Embrapa Soja, Londrina, PR.

Resumo

O girassol é uma importante cultura na região de Parecis, no Cerrado brasileiro. Em 2014, a região respondeu pela produção de 232.700 t de grãos, 45% da produção nacional. A produção de girassol provém principalmente de um sistema que tem a soja como cultura principal. A associação entre soja e girassol pode reduzir impactos ambientais devido ao uso compartilhado de recursos. Este estudo desenvolveu uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) “do berço ao túmulo” do sistema de produção soja-girassol usado na região de Parecis e comparou seu perfil ambiental ao das monoculturas de soja e girassol. Impactos relacionados ao uso do solo (emissões da mudança de uso da terra e calagem) por cada cultura foram alocados em função do tempo de ocupação do solo. O sistema soja-girassol teve impactos ambientais menores em todas as categorias de impacto quando comparado à monocultura de soja e girassol, com o mesmo rendimento. Reduções importantes foram observadas em “Mudança do Clima”, “Acidificação Terrestre” e “Formação de Material Particulado”.

Palavras-chave: avaliação de impacto ambiental, modelagem ambiental, sistema de produção

Abstract

Sunflower is an important crop in Parecis region of the Brazilian Cerrado. In 2014 the region accounted for the production of 232,700 tons of sunflower grain, 45% of national production. Sunflower production comes mostly from a system that has soybean as the main crop. The association of soybean and sunflower can reduce environmental impacts due to shared use of resources. This study performed a “cradle to gate” Life Cycle Assessment (LCA) of the soybean-sunflower production system used in Parecis region and compared its environmental profile to that of the monoculture of these two crops. Impacts related to the use of soil (land use change emissions and liming) by each crop were evaluated according to time of soil occu-

pation criterion. Soybean-sunflower system had lower environmental impacts on every impact category comparing to soybean and sunflower monoculture with the same yield. Important reduction were observed on “Climate change”, “Terrestrial acidification” and “Particulate matter formation” categories.

Key-words: environmental impact assessment, environmental modeling, crop system.

Introdução

O agronegócio tem mostrado sua importância crucial na geração de riquezas para a economia brasileira. A adoção de novas tecnologias de produção tornou possível que o Brasil se destacasse como grande supridor mundial de alimentos. Apesar da consolidação deste setor, novos desafios se apresentam, como a busca pela sustentabilidade. Como tendência, o mercado mundial tem requisitado produtos com reduzido impacto ambiental, confirmado por processos de certificação ambiental. Para tanto, são necessárias ferramentas que avaliem o desempenho ambiental de produtos, com enfoque sistêmico e forte base científica, como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

Em virtude da adaptabilidade do girassol, seu cultivo no Cerrado brasileiro é promissor. O município de Campo Novo do Parecis, no Mato Grosso, é hoje a “casa” do girassol no Brasil, tendo sido responsável por 61% e 45% da produção regional e nacional, respectivamente, na safra 2013/2014. A soja também é cultivada na região, em sucessão com outras culturas, inclusive o girassol. O cultivo do girassol em sucessão à soja pode reduzir impactos ambientais, pela maior eficiência no uso da terra e pelo compartilhamento de alguns insumos agrícolas, maquinário e infraestrutura.

Por meio de um estudo de ACV é possível determinar esta redução de impactos. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos ambientais potenciais do sistema de produção

soja-girassol praticado no Cerrado brasileiro, a partir dos modais representativos da microrregião de Parecis (MT), e comparar este sistema de produção à produção de soja e girassol como monoculturas.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em conformidade com a norma ISO 14044 (ABNT, 2009). Os itens mais relevantes do escopo deste estudo são apresentados abaixo.

a) Unidade de referência: 1 t de grãos em cada sistema. b) Fontes de dados: os dados do sistema de produção soja-girassol foram obtidos por entrevista direta com cinco produtores da microrregião de Parecis. A partir destas entrevistas, consultas a especialistas e literatura técnica foram definidos o “sistema de produção soja-girassol modal” e os sistemas em monocultura. As emissões do sistema de produção e das monoculturas foram calculadas segundo Nemecek e Schnetzer (2011), exceto pelas emissões de metais pesados, estimadas como proposto por Canals (2003). Os dados da produção de insumos agrícolas vieram da base Ecoinvent v2.2. Foram excluídos os processos de transporte de insumos agrícolas. A Tabela 1 mostra os principais aspectos ambientais do inventário da produção de soja e girassol.

c) Procedimento de alocação: no sistema soja-girassol os impactos relacionados à mudança de uso da terra (MUT), emissões dela derivadas e ao uso de calcário na correção de acidez foram alocados à soja e ao girassol proporcionalmente ao tempo de ocupação da área por cada produto (120 dias para a soja e 115 dias para o girassol). Os demais insumos e emissões foram atribuídos exclusivamente ao produto gerador do consumo ou emissão.

d) Método para estimativa da MUT: a MUT de 1990 a 2009 para o cultivo de soja e girassol foi calculada a partir das séries históricas da CONAB (2015), FAO (2012) e Macedo et al. (2012). As emissões da MUT foram calculadas seguindo recomendações da Comissão Europeia (European Union, 2010).

e) Método de avaliação dos impactos do ciclo de vida: para a avaliação dos impactos ambientais do ciclo de vida foi adotado o método ReCiPe Midpoint (H) v1.07 / World H/A, desconsiderando-se as categorias de impacto não pertinentes à natureza dos processos principais

em estudo. Foi usado como software de apoio o SimaPro, versão 8.0.4.26.

Resultados e Discussão

O perfil ambiental da soja e do girassol em sistema de produção ou monocultura é apresentado na Tabela 2. Observa-se que o desempenho ambiental de cada cultura varia por categoria de impacto avaliada: em metade das categorias a soja supera o girassol, e na outra metade o comportamento é inverso. Vale destacar que a maior produtividade da soja influenciou os resultados a seu favor.

As emissões de gás carbônico decorrentes da MUT e as emissões de óxido nitroso geradas pelo uso de fertilizantes nitrogenados foram as substâncias que mais contribuíram para impactos da categoria “Mudança do Clima”. Já para as categorias “Formação de Oxidantes Fotoquímicos”, “Acidificação Terrestre” e “Formação de Material Particulado”, os principais contaminantes foram amônia e óxidos de nitrogênio, também relacionados à adubação nitrogenada. Em todas as categorias citadas, a soja tem melhor desempenho que o girassol, pela sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, dispensando o aporte de fertilizantes químicos.

Para as categorias “Toxicidade Humana” e “Ecotoxicidade Terrestre e Aquática”, nas quais a soja teve pior desempenho, os impactos foram causados pela emissão de metais pesados, que ingressam no sistema produtivo pelo calcário, fertilizantes e sementes, e pela emissão de pesticidas. No que se refere ao calcário, vale lembrar que à soja é atribuída a maior fração da carga ambiental do sistema de produção. Adicionalmente, a soja emprega uma quantidade maior de sementes, insumo que contém grande teor de metais pesados, e faz uso de um número maior de pesticidas (26, contra 15 produtos usados pelo girassol), e em maior quantidade.

O girassol produzido no sistema de produção tem impacto ambiental reduzido em todas as categorias, quando comparado ao produzido como monocultura. Isto ocorre porque o girassol se beneficia da cultura da soja que o precede, especialmente pela fixação de nitrogênio, que aporta ao sistema cerca de 20 kg deste elemento por hectare, diminuindo o requerimento de adubação nitrogenada sintética e as emissões derivadas de sua aplicação. Por sua vez, o impacto da soja foi reduzido apenas na categoria “Mudança do Clima”, por conta da alocação

ao girassol de parte dos impactos relacionados ao uso do solo. Nossos resultados concordam com os obtidos por Hayer et al. (2010) e Nemecek et al. (2015), que também observaram que a inclusão de leguminosas pode reduzir o impacto de "Mudança do Clima", pelas razões expostas acima.

Conclusões

O sistema de produção soja-girassol reduziu impactos ambientais em todas as categorias, quando comparado com a combinação de monoculturas de mesma produtividade destes grãos. Este resultado se deve a sinergias diversas possibilitadas pelo compartilhamento do uso do solo e outros recursos e pode ser generalizado para qualquer sistema de produção em que as influências recíprocas levem sempre à redução de impactos ambientais.

Referências

ABNT. **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**. 2003. 250 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.

CONAB. **Séries históricas**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 18 jan. 2015.

EUROPEAN UNION. **Decisão da Comissão de Junho de 2010**: diretrizes para o cálculo das reservas de carbono nos solos para efeitos do anexo V da Directiva 2009/28/CE [notificada

com o número C(2010) 3751] (2010/335/UE). **Jornal Oficial da União Européia**, Bruxelas, p. L151/19-L151/41, 2010.

FAO. **FAOSTAT agriculture data**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 23 jan. 2012.

HAYER, F.; BONNIN, E.; CARROUÉE, B.; GAILLARD, G.; NEMECEK, T.; SCHNEIDER, A.; VIVIER, C. Designing sustainable crop rotations using Life Cycle Assessment of crop combinations. IN: 9th EUROPEAN IFSA SYMPOSIUM, 9., 2010, Vienna. **Proceedings...** Vienna: IFSA, 2010. p. 903-911.

MACEDO, M. N.; DEFRIES, R. S.; MORTON, D. C.; STICKLER, C. M.; GALFORD, G. L.; SHIMABUKURO, Y. E. Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, p.1341-1346, 2012.

NEMECEK, T.; HAYER, F.; BONNIN, E.; CARROUÉE, B.; SCHNEIDER, A.; VIVIER, C. Designing eco-efficient crop rotations using life cycle assessment of crop combinations. **European Journal of Agronomy**, v. 65, p. 40-51, 2015.

NEMECEK, T.; SCHNETZER, J. **Methods of assessment of direct field emissions for LCIs of agricultural production systems**. Zurich: Agroscope Reckenholz, 2011. Disponível em: <http://www.ecoinvent.org/fileadmin/talkpages/pages/01-01-crop-production/01_crop_production_direct_field_emissions__natural_resources_v1.1.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2015.

Tabela 1. Inventário da produção de soja e girassol (para 1 ha).

Produtos	Soja	Girassol	Emissões - água		
Produto, kg	3.12E+03	1.77E+03	Nitrato, kg	1.91E+01	2.89E+01
Recursos			Cádmio, kg	2.08E-06	2.09E-07
Ocupação, arável, não irrigada, ha/ano	3.15E-01	3.29E-01	Cobre, kg	--	3.88E-07
Material			Zinco, kg	1.73E-07	1.81E-06
Semente, kg	4.00E+01	3.50E+00	Chumbo, kg	2.02E-07	4.01E-08
Calcário, kg	2.45E+02	2.55E+02	Níquel, kg	8.17E-07	1.96E-07
Ureia, como N, kg	--	4.42E+01	Cromo, kg	1.07E-05	1.32E-06
Superfosfato simples, como P ₂ O ₅ , kg	7.20E+01	--	Emissões - solo		
Superfosfato triplo, como P ₂ O ₅ , kg	--	1.84E+01	Cádmio, kg	2.08E-02	2.09E-03
KCl, como K ₂ O, kg	7.80E+01	2.40E+01	Cobre, kg	--	3.88E-03
Herbicidas, kg	4.04E+00	2.87E+00	Zinco, kg	1.73E-03	1.81E-02
Inseticidas, kg	5.80E-01	3.02E-01	Chumbo, kg	2.02E-03	4.01E-04
Fungicidas, kg	3.56E-01	1.54E-01	Níquel, kg	8.17E-03	1.96E-03
Emissões - ar			Cromo, kg	1.07E-01	1.32E-02
Amônia, kg	--	1.44E+01	Herbicidas, kg	4.04E+00	2.87E+00
N ₂ O, kg	2.64E+00	1.87E+00	Inseticidas, kg	5.80E-01	3.02E-01
NO _x , kg	5.55E-01	3.92E-01	Fungicidas, kg	3.56E-01	1.54E-01
CO ₂ , fóssil, kg	--	6.93E+01			
CO ₂ , MUT, kg	3.99E+03	4.16E+03			

Tabela 2. Perfil Ambiental do sistema de produção (SP) soja-girassol e das monoculturas (MC) para 1 t de produto.

Categoria de Impacto	Unidade	Soja MC	Soja SP	Girassol MC	Girassol SP
Mudança do Clima	kg CO ₂ eq	3.09E+03	1.76E+03	5.39E+03	2.99E+03
Depleção de Ozônio	kg CFC-11 eq	3.11E-05	3.09E-05	7.67E-05	7.07E-05
Acidificação Terrestre	kg SO ₂ eq	2.04E+00	2.04E+00	3.13E+01	2.21E+01
Eutrofização de Água Doce	kg P eq	1.27E-01	1.27E-01	9.53E-02	8.87E-02
Toxicidade Humana	kg 1,4-DB eq	7.38E+02	7.38E+02	2.18E+02	2.08E+02
Formação de Oxidantes Fotoquímicos	kg NMVOC	2.12E+00	2.11E+00	2.67E+00	2.53E+00
Formação de Material Particulado	kg PM10 eq	8.49E-01	8.47E-01	4.77E+00	3.52E+00
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DB eq	1.23E+00	1.23E+00	1.29E-01	1.17E-01
Ecotoxicidade de Água Doce	kg 1,4-DB eq	3.70E+00	3.70E+00	2.46E+00	2.32E+00
Ocupação de Terra Agrícola	m ² a	6.26E+01	6.26E+01	2.08E+01	2.03E+01
Transformação de Terra Natural	m ²	5.54E-02	5.51E-02	9.76E-02	8.46E-02
Depleção de Água	m ³	3.23E+00	3.23E+00	2.12E+00	2.03E+00
Depleção de Metais	kg Fe eq	1.51E+01	1.51E+01	1.78E+01	1.63E+01
Depleção Fóssil	kg oil eq	2.48E-01	2.48E-01	1.81E-01	1.71E-01

