

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO DE ESTUFA NO CICLO DE VIDA DO BIODIESEL DE SOJA PRODUZIDO NO BRASIL

R.,GRISOLI ¹, A. NOGUEIRA ², É. G. CASTANHEIRA ⁴, F. FREIRE ⁴, G. A. SILVA ², S. COELHO ¹

¹ CENBIO/IEE/USP – Centro Nacional de Referência em Biomassa

² GP2/POLI/USP – Grupo de Prevenção de Poluição

⁴ ADAI/LAETA, Centro para a Ecologia Industrial - Universidade de Coimbra

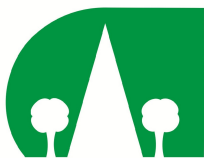
Autor correspondente: email (rgrisoli@iee.usp.br)

Neste trabalho, no âmbito do Projeto BIOACV/CNPQ, é apresentado um levantamento dos GEE emitidos ao longo do ciclo de vida do biodiesel produzido a partir de soja proveniente dos principais estados produtores do Brasil (Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás). Consideraram-se neste estudo as seguintes fases de ciclo de vida do biodiesel de soja: alterações do uso do solo (AUS), cultivo, extração do óleo, produção de biodiesel e transporte de insumos e produtos. Os dados de inventário do cultivo da soja foram calculados a partir dos custos específicos de produção da soja apresentados no Anuário da Agricultura Brasileira para os quatro estados produtores de soja referidos. Foram considerados, ainda, diferentes cenários de AUS, de acordo com as estatísticas históricas, referentes à expansão de área cultivada. A modelagem e o inventário de ciclo de vida da extração do óleo e produção de biodiesel foram realizados com base em dados específicos levantados junto a uma indústria brasileira. Com relação ao tratamento da multifuncionalidade, foram analisados diferentes métodos de contabilização dos coprodutos (alocação energética, mássica e econômica). Os resultados demonstram a importância das AUS. Não considerando as AUS, o cultivo de soja é a fase de ciclo de vida que mais contribui para as emissões de GEE do biodiesel de soja. Adicionalmente, as emissões de GEE variam de forma significativa conforme o método de alocação selecionado.

1. Introdução

Desde 2005 o Brasil vem aumentando significativamente a sua produção de biodiesel. Apesar da intenção do Governo Federal em basear o programa no sistema de agricultura familiar, o uso da mamona e da palma como material-prima não se concretizou por diversos problemas (OBERMAIER et al., 2010), concentrando a atual produção principalmente no óleo de soja (74,5%) e na gordura animal (15,6%) (MME, 2012).

Considerando a importância de se verificar as reais contribuições para a categoria de impactos para mudanças climáticas desse biocombustível, apesar do setor estar consolidado técnico e economicamente, poucos trabalhos indicativos de emissão de gases de efeito estufa (GEE) consideram cenários para a alteração do uso do solo (AUS) (PANICHELLI et al., 2009; DAM et al., 2009). Além disso, a multifuncionalidade dos sistemas influencia os resultados finais da avaliação do ciclo de vida (WEIDEMA, 2003). Como parte integrante do Projeto BIOACV/CNPq, que tem por objetivo a comparação do desempenho ambiental do biodiesel produzido a partir de soja e gordura animal, pelas vias metálica e etílica, o presente trabalho



III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços

“Novos desafios para um planeta sustentável”

03 a 06 de setembro de 2012

Maringá – PR - Brasil



realizou um levantamento das emissões de GEE no ciclo de vida do biodiesel de soja pela rota metélica, para quatro estados brasileiros, considerando cenários de AUS e cenários de alocação (alocação mássica, energética e econômica).

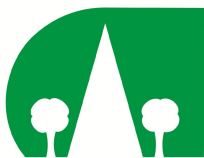
2. Inventário de ciclo de vida do biodiesel metélico de soja

2.1 Cultivo da soja

Para caracterização do cultivo da soja no país, os dados de inventário adotados foram obtidos essencialmente a partir dos custos específicos de produção da soja em 2009, nos estados do Mato Grosso (MT), Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS) e Goiás (GO), apresentados no Anuário da Agricultura Brasileira (INFORMA ECONOMICS FNP, 2010). A produção de soja em grãos nestes quatro estados representa 73% da soja produzida no Brasil. A abrangência temporal do estudo se concentrou na safra 2009/2010, a partir de dados obtidos junto à Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011). A partir dessas informações, para o cálculo das emissões de GEE, partiu-se das premissas e referências utilizadas no relatório ECOINVENT (2007) para cultivo da soja, a fim de se obter um inventário adequado para o contexto estudado. As emissões diretas do cultivo foram referentes à aplicação de fertilizantes e fixação de nitrogênio (MAPA, 1983; ANDA, 2010; EPFL, 2011), além do consumo de diesel nas operações agrícolas (ROMANELLI E MILAN, 2010). As emissões indiretas referem-se a produção e transporte dos elementos utilizados no campo (ANDA, 2010).

2.2 Cenários de alteração do uso do solo (AUS)

A área cultivada com soja nos quatro estados considerados neste estudo registrou um aumento significativo entre 1996 e 2006, como mostra a Tabela 1. Segundo dados do IBGE (Produção Agrícola Municipal), a área total de soja plantada aumentou 66% no MT, 65% em GO, 39% no PR e 34% no RS entre 1996 e 2006. De forma a associar este acréscimo de área cultivada com soja com as reduções de área ocupada com outros usos do solo, recorreu-se ao Censo Agropecuário 1920/2006, também apresentado na Tabela 2. Verificou-se uma redução de área em todos os estados, sendo que, no MT, 39% era pastagem natural e 61% mata natural; em GO 54% era pastagem natural e 46% pastagem plantada; no PR era 3% pastagem natural, 92% pastagem plantada e 5% mata plantada; e no RS 92% era pastagem natural e 8% pastagem plantada. Para a quantificação das emissões de GEE decorrentes das alterações do uso do solo (AUS) devido à expansão de área para cultivo da soja, foi adotada a metodologia de cálculo do IPCC, da RED e da Decisão da Comissão (COMISSÃO EUROPEIA, 2009; 2010). As emissões são calculadas com base na diferença entre o carbono armazenado associado aos diferentes usos de referência do solo (CS_R), ou seja, os usos do solo anteriores à expansão do cultivo da soja em cada estado, e ao uso efetivo do solo (CS_A), o cultivo de soja. O cálculo de CS_i é realizado através do produto do fator de conversão da superfície em causa (A) e a soma entre o carbono orgânico do solo (SOC) e o carbono armazenado na vegetação aérea e subterrânea (C_{VEG}). Os valores de SOC, C_{VEG} calculados para o uso atual e para cada uso de referência do solo, bem como os valores de SOC_{ST} , F_{LU} , F_{MG} e F_I adotados nos cálculos são apresentados na Tabela 2.



III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços

“Novos desafios para um planeta sustentável”

03 a 06 de setembro de 2012

Maringá – PR - Brasil



Os usos de referência em cada estado foram definidos com base na variação da área ocupada com diferentes usos do solo entre 1996 e 2006 (Tabela 1) e em diferentes hipóteses de manejo para os diferentes usos.

Tabela 1. Uso do solo nos estados do MT, GO, PR e RS – Δ 2006-1996.

Uso do solo	Área (ha)			
	MT	GO	PR	RS
	Δ 96-06	Δ 96-06	Δ 96-06	Δ 96-06
Lavouras permanentes	227619	191904	664629	85194
Lavouras temporárias	3144111	1239983	705588	1185026
Soja	3866719	1610784	1544978	1321349
Pastagens naturais	-1822335	-2003401	-70331	-2271062
Pastagens plantadas	2155009	-1691424	-1904435	-202602
Matas naturais	-2857790	1785864	709169	387841
Matas plantadas	566	7378	-97388	148386

Tabela 2. SOC e C_{VEG} determinados para o uso do solo atual (soja) e para os usos de referência considerados em cada estado. Diferença entre CS_{Ri} e CS_A .

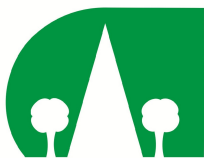
Região climática	Estado	Uso e manejo do solo	SOC _i = SOC _{ST} *FLU*FMG*FI					C_{VEG} (t C/ha)	A	CS _i (t C/ha)	ΣCS _{Ri} - CS _A (t C/ha)
			SOC _{ST} (t C/ha)	F _{LU}	F _{MG}	F _I	SOC _i (t C/ha)				
Tropical semi-úmida	MT	A	47	0,48	1,22	1	28	0	0,66	18,3	33,3
		R1	47	1	1	1	47	53	0,20	20,3	
		R2	47	1	0,7	1	33	53	0,20	17,4	
		R3	47	1	0,97	1	46	8,1	0,26	13,9	
	GO	A	47	0,48	1,22	1	28	0	0,65	17,8	17,7
		R4	47	1	1	1	47	8,1	0,35	19,3	
		R5	47	1	1,17	1,11	61	8,1	0,10	6,8	
		R6	47	1	0,97	1	46	8,1	0,10	5,3	
Temperada quente úmida	PR	R7	47	1	0,7	1	33	8,1	0,10	4,0	19,4
		A	63	0,48	1,22	1	37	0	0,39	14,5	
		R8	63	1	1	1	63	31	0,02	1,7	
		R9	63	1	1	1	63	6,8	0,01	0,9	
	RS	R10	63	1	1,14	1,11	80	6,8	0,36	31,2	11,2
		A	63	0,48	1,22	1	37	0	0,34	12,6	
		R11	63	1	1	1	63	6,8	0,31	21,9	
		R12	63	1	1,14	1,11	80	6,8	0,01	1,2	
		R13	63	1	0,7	1	44	6,8	0,01	0,7	

SOC_{ST} = carbono orgânico normal do solo na camada superior do solo até aos 30 centímetros de profundidade (em massa de carbono por hectare);

F_{LU} = fator de uso do solo que reflete a diferença na quantidade de carbono orgânico do solo decorrente do tipo de uso do solo, comparativamente à quantidade de carbono orgânico normal do solo;

F_{MG} = fator de gestão que reflete a diferença na quantidade de carbono orgânico do solo decorrente da principal prática de gestão, comparativamente à quantidade de carbono orgânico normal do solo;

F_I = fator de aporte que reflete a diferença na quantidade de carbono orgânico do solo decorrente de aportes diferentes de carbono ao solo, comparativamente à quantidade de carbono orgânico normal do solo.



2.3 Extração do óleo de soja

Para elaboração do inventário da extração de soja foram considerados os dados primários obtidos a partir de visita técnica dos autores na unidade de extração de óleo de soja em Ponta Grossa/PR, na qual foi indicado o consumo de produtos químicos, além do consumo de eletricidade de 0,18kWh/kg de óleo de soja, e um sistema de caldeiras a biomassa (lenha e cavaco de madeira) com consumo de 0,44kg/kg de óleo de soja. Ainda nesta etapa foram calculadas as distancias para o transporte dos insumos, respectivamente para cada estado (ANDA, 2010).

2.4 Produção de biodiesel rota metílica

Para o inventário da produção de biodiesel pela rota metílica foram considerados os dados primários obtidos a partir de visita técnica em uma unidade em Lins/SP. No entanto, devido a incerteza de alguns dados relacionados a geração de energia e distancia para transporte de insumos, foram mantido os valores médios apresentados no inventário do ECOINVENT (2007).

2.5 Critérios para alocação

Diante da multifuncionalidade da cadeia produtiva do biodiesel de soja, alguns coprodutos são produzidos, tais como: óleo e farelo (processo de extração); e glicerina e biodiesel (processo de transesterificação). Para isso, no presente estudo foram admitidos fatores de alocação, baseado em critérios mássicos (dados do ICV), econômicos (em referencia aos valores de ABIOVE, 2011) e energéticos (COMISSAO EUROPEIA, 2009), conforme Tabela 3.

Tabela 3. Fatores de alocação

Processo	Produtos	Fatores de alocação		
		MASSICA	ENERGETICA	ECONOMICA
Extração	Farelo de soja	87%	75%	60%
	Óleo de soja	13%	25%	40%
Transesterificação	Biodiesel	89%	95%	99%
	Glicerina	11%	5%	1%

3. Resultados/Discussão

A partir da elaboração do inventário dos processos mencionados, relacionado a unidade funcional de 1 MJ de biodiesel produzido, na Figura 1 podem ser observados os resultados referentes a emissão de GEE, por estado e por critério de alocação.

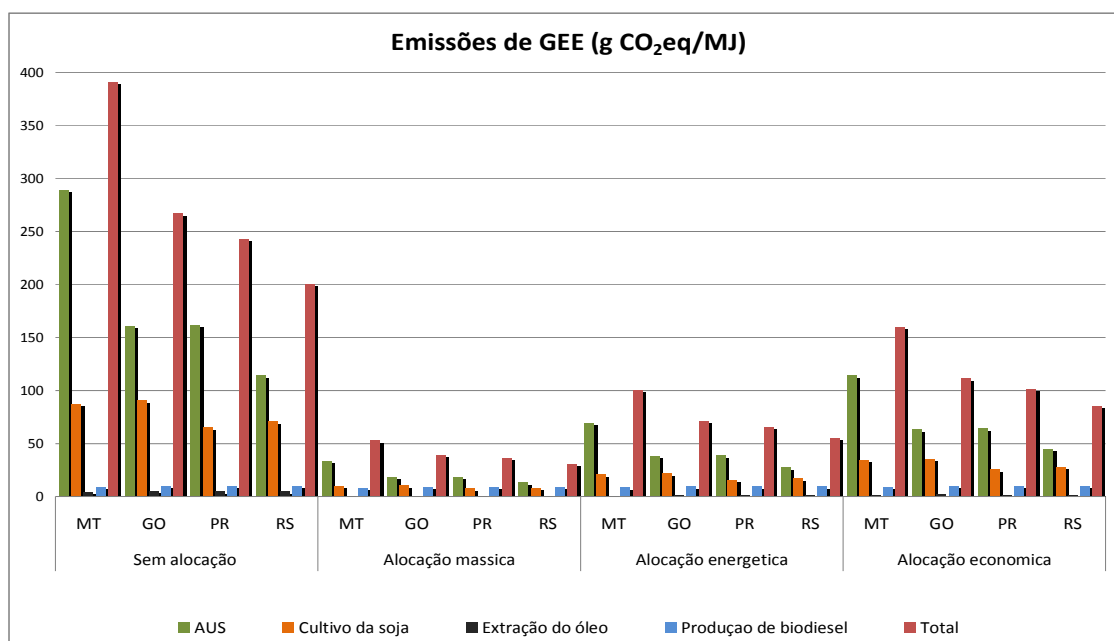
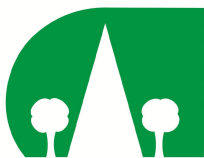


Figura 1. Emissão de GEE na produção de biodiesel de soja no Brasil

De acordo com a Figura 1, é possível observar as diferenças de emissões entre os estados do Centro-Oeste e da região Sul do país. O estado do MT é o que apresenta maior emissão absoluta de GEE, seguido pelo estado de GO, independente do critério de alocação utilizado. Observa-se que segundo o ICV aqui realizado, o estado do PR apesar de possuir o dobro da área de produção de GO apresenta emissões menores, principalmente aqueles relacionados aos aspectos de maior produtividade e menor consumo de fertilizantes. A partir dos resultados observa-se a maior contribuição das emissões de GEE relacionadas às AUS. O estado mais representativo é o MT, no qual essas emissões de AUS situam-se entre 64-74% das emissões totais, dependendo do critério de alocação considerados. Em segundo lugar aparece o estado do PR, no qual essas emissões variam de 52-67%, referentes as emissões totais na produção de biodiesel de soja no estado. Os menores resultados foram observados no estado do RS, no qual a contribuição de AUS pode representar de 43-57%. Posterior à AUS, o fator que mais contribui para os GEE é o cultivo da soja. Para esta etapa não foram observadas diferenças muito significativas entre os estados; no entanto os maiores valores foram referentes ao cultivo no estado de Goiás (27%-34% das emissões totais), e os menores no estado do MT (19-22%). Este fato pode ser explicado, pelas práticas agrícolas específicas de cada região; segundo inventário realizado houve um maior consumo de fertilizantes para o estado de GO, em comparação com os outros estados. A etapa com menor contribuição para as emissões de GEE em toda cadeia é a extração de óleo, onde os valores variam de 1% a 3%, em todos os estados e critérios de alocação. Com relação a etapa de produção de biodiesel, a contribuição não é muito significativa, sendo o RS o estado com maior participação. Diante disso, observa-se a diferença existente entre os cenários de alocação. Para essa etapa no RS, sem utilizar a alocação, a contribuição dos GEE é de 5% das emissões totais, enquanto que utilizando critérios mássicos no RS esse valor é 29%.



III Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços

“Novos desafios para um planeta sustentável”

03 a 06 de setembro de 2012

Maringá – PR - Brasil



Considerando a alocação foram observadas diferenças entre os cenários. A alocação econômica representou de 41-42% das emissões totais, comparando com o cenário sem alocação, enquanto que a energética representou de 26-28%, e a mássica de 14-16%.

4. Conclusão

O objetivo principal deste trabalho foi apresentar as emissões de GEE no ciclo de vida do biodiesel de soja metilica em quatro estados brasileiros, considerando a AUS e os diferentes critérios de alocação. Conclui-se que a AUS possui uma significativa contribuição no balanço final de emissões de GEE, representando de 60-70% destas emissões, de acordo com a metodologia e estado considerado. Ainda assim, foram observadas variações significativas entre os valores finais de emissão, considerando os estados analisados (de 55g CO₂/MJ – 100g CO₂/MJ, no caso da alocação energética). Concluiu-se também, a importância na seleção de critérios de alocação, uma vez que estes podem influenciar os resultados finais em g CO₂/MJ. A alocação mássica foi a que indicou os menores valores de emissões, enquanto que utilizando a alocação econômica, os valores absolutos foram maiores.

Referencias

- ANDA. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 2010**. Associação Nacional para Difusão de Adubos. São Paulo, 2011
- ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Complexo Soja - Evolução das Cotações Média. Disponível em: http://www.abiove.com.br/cotacoes_br.html, 2011
- COMISSÃO EUROPEIA. **Decisão da Comissão de 10 de Junho de 2010** relativa a diretrizes para o cálculo das reservas de carbono nos solos para efeitos do anexo V da Directiva 2009/28/CE, 2010
- COMISSÃO EUROPEIA. **Directiva 2009/28/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009 relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE, 2009
- CONAB. Levantamento de safras. Disponível em: www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2, 2011.
- ECOINVENT – Swiss Centre for Life Cycle Inventories. **Life Cycle Inventories of Bioenergy**. Data v2.0, 2007.
- EPFL. RSB GHG Calculation Methodology. Disponível em: <http://rsb.epfl.ch/files/content/sites/rsb2/files/Biofuels/Version%2020/GHG%20Methodology/11-05-20-RSB-STD-01-003-02-Fossil%20Fuel%20Baseline%20GHG%20Calculation%20Methodology.pdf>, 2011.
- INFORMA ECONOMICS FNP. **Agriannual 2010: Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo, 2010.
- IPCC. **IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2007.
- MAPA. **Portaria nº 01, de 04 de março de 1983**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Fiscalização Agropecuária. Brasília, 1983.
- MME. Ministério de Minas de Energia. **Boletim mensal dos combustíveis renováveis** – ed 51/abril 2012.
- OBERMAIER, M.; HERRERA, S.; ROVERE, E.L. **Análise de problemas estruturais da inclusão da agricultura familiar na cadeia produtiva de biodiesel**. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, João Pessoa, PB, 2010
- ROMANELLI, T. L.; MILAN, M. **Material flow determination through agricultural machinery management**. Scientia Agricola, v. 67, n.4, p. 375-495, 2010.