



NETLOG 2021

International Conference on Network
Enterprises & Logistics Management

Análise comparativa das Emissões de CO₂ dos insumos utilizados para o cultivo da soja no escopos: *upstream* e *direct* nas diferentes macrorregiões do Estado de Mato Grosso- Brasil.

Toloi, Marley Nunes Vituri^{1,2}, 2nd Toloi, Rodrigo Carlo^{*1,2}, 3rd Cruz, Carlos Eduardo Sampaio¹, 4th Bonilla, Silvia Helena²

¹ Instituto Federal de Mato Grosso Campus Rondonópolis - IFMT

² Universidade Paulista – UNIP

rodrigo.toloi@roo.ifmt.edu.br*, marley.toloi@gmail.com, eduardocadu00@gmail.com,
shbonilla@hotmail.com

Resumo

Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de soja do mundo. Com os impactos ambientais causados pelas emissões antropogênicas provenientes da produção agroindustrial, bem como o compromisso com os tratados internacionais e necessidade de controlar e estimar as emissões de GEE, tem-se como objetivo calcular as emissões das principais fontes de GEE no cultivo de soja nas diferentes macrorregiões do Mato Grosso em dois escopos, sendo *Upstream* e *Direct*. Para este propósito, a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida foi adotada. Os resultados encontrados indicaram que as emissões nas macrorregiões variam entre 0,415-0,591 de kgCO_{2eq}, sendo que a macrorregião Oeste do estado de Mato Grosso, pelo processo de correção do solo, apresentou a menor emissão de kgCO_{2eq}. O principal emissor de GEE é pela utilização do calcário na fase *Direct*, correção do pH do solo.

Palavras-chaves. Soja, Emissões de Gases de Efeito Estufa.

1 Introdução

As mudanças climáticas são preocupações globais, o que faz com que o mercado internacional exija práticas cada vez mais sustentáveis dos setores produtivos, com o intuito de minimizar esses impactos e reduzir suas emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE (RAUCCI et al., 2015; PHÉLINAS; CHOUMERT, 2017). Essas mudanças climáticas estão relacionadas principalmente as emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), como um dos principais gases de efeito estufa (GEE), (CARVALHO et al., 2010).

Várias ações ajudam a elevar as emissões dos gases de efeito estufa, e o principal deles vem das atividades antropogênicas, como por exemplo o uso intensivo de combustíveis fósseis usado principalmente na agricultura, (DA CUNHA KEMERICH; DOTTO; DA SILVA, 2018). Com esse cenário de alta produtividade agrícola em função do aumento da demanda por alimentos, o Brasil vem se destacando por ser um grande celeiro mundial, sendo grande produtor dos principais produtos agrícolas como: milho, soja, carnes, sucos de frutas, entre outros.

São Paulo, 2 – 5 de maio de 2021

Atualmente o Brasil é o maior produtor e exportador de soja do mundo, sua cadeia vai desde produtos alimentares a produção de biodiesel, (DA SILVA CÉSAR et al., 2019). A demanda de soja no mercado é crescente, ela é uma das principais fonte de proteína para alimentação de diversas cadeias de carne, (HIRAKURI et al., 2014), (DALL'AGNOL, 2016), (DALL'AGNOL; LAZZAROTTO; HIRAKURI, 2010), esse crescimento é influenciado pelas mudanças de hábitos alimentares de população em crescente desenvolvimento econômico, (TOLOI; VENDRAMETTO; REIS, 2018). O grande diferencial do Brasil esta em sua capacidade de aumento de produção, através de melhor produtividade, como também utilização de áreas degradadas, adoção de práticas sustentáveis como ILP- Integração lavoura e pecuária, e ILPF - Integração lavoura pecuária e florestas, (DALL'AGNOL; LAZZAROTTO; HIRAKURI, 2010).

Nesse contexto do agronegócio brasileiro, o Estado de Mato Grosso é destaque na produção agrícola, atualmente é o maior produtor de soja do país. Em 2018 produziu 32 milhões de toneladas, quase 31% da produção nacional de soja, (CONAB, 2018); (FAS, 2016; USDA, 2016), sendo que 59% desse total é destinado ao mercado externo, (IMEA, 2017). Com esse cenário, existe o desafio em aliar aumento de produção e a oferta de alimentos, através de inovações e produtividade, melhorias em tecnologias e políticas que promovam alimentos ecologicamente eficiente, otimizando a alocação de terras para conservação e agricultura (HIRAKURI et al., 2014; LAURANCE; SAYER; CASSMAN, 2014).

Esses desafios globais em relação as questões ambientais e sociais, tem como consequência o aumento da demanda da produção, neste sentido, o objetivo deste estudo foi calcular as emissões das principais fontes de GEE no cultivo da soja nas diferentes macrorregiões do Estado de Mato Grosso, apontando os principais insumos utilizados para a produção de soja, durante a safra 2018/19.

Este estudo está organizado em quatro seções, após esta introdução, segue a metodologia; na sequência são apresentados e discutidos os resultados e por fim, estão as considerações finais.

2 Metodologia

2.1 Método

A metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida - ACV examina os aspectos ambientais de um determinado produto ou serviço em todo seu ciclo de vida (ISO, 2010; ALVARENGA; DA SILVA JÚNIOR; SOARES, 2012). Nesta metodologia há quatro fases a serem seguidas, sendo elas:

- a) definição de objetivo e escopo,
- b) análise de inventário,
- c) avaliação de impacto, e
- d) interpretação.

Este estudo limita-se à avaliação da categoria de aquecimento global por meio do cálculo da massa de emissões de CO_{2eq} para a produção de soja.

A análise foi limitada as emissões oriundas da atividade agrícola para produção de 1 kg de soja/ha. As emissões de GEE, expressas em CO_{2eq}, são equivalentes às emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), corrigidas pelo potencial de aquecimento global correspondente (horizonte de tempo de 100 anos) (IPCC, 2015).

2.2 Delimitações

Foram considerados dois escopos para esse estudo, analisou os insumos utilizados para o cultivo da soja, os quais foram identificados suas emissões em *Upstream* (montante) e *Direct* (dentro da porteira).

As emissões de CO_{2eq} a montante, foram identificados: combustível, calcário, sementes, fungicidas, inseticidas, herbicidas e adubos (N-P-K na formulação 0-28-20), conforme recomendações para utilização por ha de soja cultivado (SFREDO; OLIVEIRA, 2010).

As atividades relacionadas para à produção de soja que emitem CO_{2eq} (aquelas realizadas dentro da porteira), foram identificados à combustão de óleo diesel em todas as atividades agrícolas necessárias desde (preparo do solo, plantio, cultivo, colheita) e aplicação e uso de calcário, de acordo com as recomendações para utilização por ha de soja cultivado (SFREDO; OLIVEIRA, 2010) (IPCC, 2015).

Este estudo não considera a aplicação de fertilizante nitrogenado, uma vez que a presença de inoculante a base de ureia, molibdênio e cobalto, permite a fixação biológica do nitrogênio atmosférico (VENDRAMETTO, 2011; SUN et al., 2018), portanto as emissões diretas de nitrogênio devido à aplicação não são contabilizadas.

2.3 Apresentação das macrorregiões e obtenção de dados brutos

O Estado de Mato Grosso esta dividido em sete macrorregiões do ponto de vista agro econômico, IMEA (2014), os dados foram coletados de acordo com essas macrorregiões, através de relatórios disponibilizados pelo (BALBINO et al., 2012; CERRI et al., 2017; IMEA, 2018; IBGE, 2020), dados referente aos custos de produção agrícola para o ano de 2018/2019. Quanto aos insumos calcário e óleo diesel, esses foram coletados na forma de unidades monetárias (R\$), após foram convertidos em massas, considerou-se os valores de insumos para as diferentes macrorregiões.

Assim, para efetuar a conversão para unidades de massa, o custo do óleo diesel foi dividido pelo preço do diesel da Agência Nacional do Petróleo - ANP (2019). E quanto ao custo do calcário esse usou o valor praticado no Estado de Mato Grosso. (CONAB, 2019).

2.4 Cálculo das Emissões

O cálculo das emissões de GEE do óleo diesel e de sua combustão, calcário e também de sua aplicação, foram calculados em dois escopos sendo: emissões durante a fase montante e durante a fase agrícola dentro da porteira; os insumos como: sementes, fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas, esses foram avaliados suas emissões apenas na fase montante, calculou-se quantidade pelos fatores de emissão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Fatores de emissões para os insumos classificado de acordo com o escopo do estudo.

Fonte de Emissão	Tipo de Emissão	Unidade	Valor	Referência
Diesel	Direto	kg CO _{2eq} / L diesel	2,68	IPCC (2015)
Calcário	Direto	kg CO _{2eq} / kg Calcário	0,48	
Diesel Direto	montante	kg CO _{2eq} / L diesel	3,11	IPCC (2015)
Calcário	montante	kg CO _{2eq} / kg Calcário	0,04	
Sementes	montante	kg CO _{2eq} / kg Sementes	0,92	CERRI et al., (2017)
Inoculantes (Mo* e Co**)	montante	kg CO ₂ / kg	0,73	
Fertilizantes (N-P-K)***	montante	kg CO ₂ / kg	1,05	
Inseticidas	montante	kg CO _{2eq} / kg	18,08	
Fungicidas	montante	kg CO _{2eq} / kg	18,98	

*_Molibidênio

**_Cobalto

***_Fertilizante a base de Nitrogênio, Fósforo e Potássio (0-28-20)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Equação para cálculo de emissão dos combustíveis segue abaixo:

$$\text{Emissão de CO}_2 \text{ Diesel} = (Q_{\text{diesel}} \times FE) \quad (1)$$

Onde:

Emissão de CO_{2eq} = (Quantidade de litros de diesel gastos/ha)

FE = fator de emissão, CO_{2eq} por litro diesel, conforme (Tabela 1).

Aplicação de Calcário

$$\text{Emissão de CO}_2\text{-C} = (M_{\text{kg calcário}} \times EF) \quad (2)$$

Onde:

Emissão de CO₂-C = emissões anuais de C da aplicação de calcário, toneladas C yr

M = quantidade anual de calcário cálcico (CaCO₃) ou dolomita (CaMg (CO₃)₂), toneladas ano⁻¹

FE = fator de emissão, tonelada de C (tonelada de calcário calcítico ou dolomite)⁻¹ (Tabela 1).

Fertilizantes

A emissão a montante, neste contexto, é a emissão proveniente da produção de cada nutriente (N, P e K) para a formulação de fertilizantes sintéticos utilizados na fase agrícola.

A equação para calcular a emissão a montante de fertilizantes sintéticos é:

EFS: emissões da produção de fertilizantes sintéticos em CO_{2eq};

AT: Área total da lavoura de soja (ha);

T: quantidade de fertilizante sintético aplicado (kg fertilizante/ha);

% EL: porcentagem do respectivo nutriente na formulação (N, P e K);

FE: fatores de emissão dos respectivos nutrientes (Tabela 1).

Sementes

Foram consideradas apenas as emissões a montante da produção da semente usada na fase agrícola. A equação para cálculo é:

$$EP_{\text{sem}} = AT \times T \times FE \quad (4)$$

Onde,

EP_{sem}: emissão da produção da semente em CO_{2eq};

AT: área total da lavoura de soja (ha) (ha);

T: quantidade de semente aplicada no campo (kg / ha);

FE: fator de emissão sob categoria específica (Tabela 1).

Insumos Químicos utilizados no controle da Produção

As emissões a montante para o uso de insumos químicos utilizados no controle da produção foram calculadas usando fatores de emissão específicos para cada produto químico (CERRI et al., 2017). Alguns fatores de emissão específicos não foram encontrados, tendo em vista a ampla diversidade de ingredientes ativos, e um fator de emissão geral foi aplicado para as categorias de insumos químicos utilizados no controle da produção, como por exemplo, herbicidas, inseticidas e fungicidas.

A equação para calcular as emissões a montante de insumos químicos utilizados no controle da produção é:

$$EIQCP = AT \times T \times \% IA \times FE \quad (5)$$

Onde,

EIQCP: emissões dos respectivos insumos químicos utilizados no controle da produção em CO_{2eq};

AT: área total da lavoura de soja (ha);

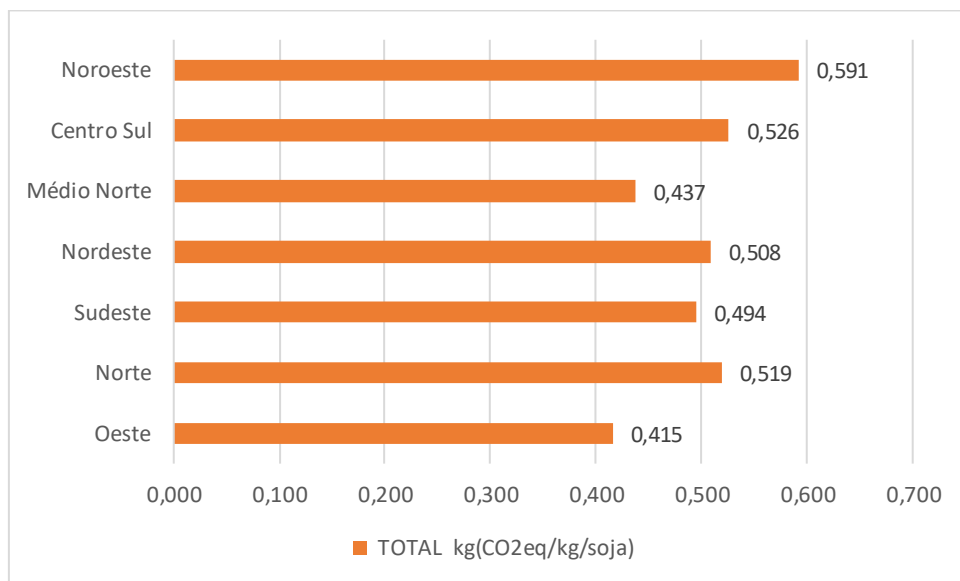
T: quantidade de produtos químicos aplicados (kg/ha);

% IA: porcentagem de ingrediente ativo em cada produto químico utilizado (kg/L);

FE: fator de emissão sob categoria específica (Tabela 1).

3 Resultados e Discussões

Devido as diferentes características das macrorregiões, como: bioma, tipo de solo, janela de plantio, períodos de chuvas, logística das principais rotas; existe diferenças nos custos de produção, bem como na quantidade de fertilizantes /calcários utilizados, o que demonstrou significância na emissão de GEE, como pode ser observado na Figura 1.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 1. Emissões de kg CO₂/kg /soja nas diferentes macrorregião do Estado de Mato Grosso.

Entre as macrorregiões que formam o Estado do Mato Grosso, as que apresentam as maiores emissões de CO_{2eq}, foram: Noroeste (0,591), seguido de Centro Sul (0,526), Norte (0,519), e a que obteve a menor emissão por kg avaliado de soja produzido em um hectare foi a macrorregião Oeste com (0,415).

As macrorregião Noroeste e Norte, produzem respectivamente 6,5% e 3,5% da produção estadual de soja, umas das menores produtoras de Mato Grosso, foram as maiores emissoras de CO_{2eq}, pode ser explicado pela sua localização relacionado a grandes distancias logística, em consequencia do aumento de custos dos insumos postos na região, bem como também, por não serem tradicional na produção de soja, o que demanda mais uso de insumos e defensivos para o cultivo, principalmente quanto ao item calcário, para corrigir seu solo, em torno de 1540 Kg/ano, uma mpedia de 3,4 kg/ha.

Quanto a macrorregião Centro Sul, o qual ainda tem baixa produção, 7,4% da produção estadual de soja, foi a segundo maior emissoe 0,526 kg CO_{2eq}/kg de soja, o principal componente foi o alto

consumo de calcário, e também por ter a menor produtividade, equivalendo a 3.120 kg/ha de soja, o que faz com que a relação aumenta da emissão.

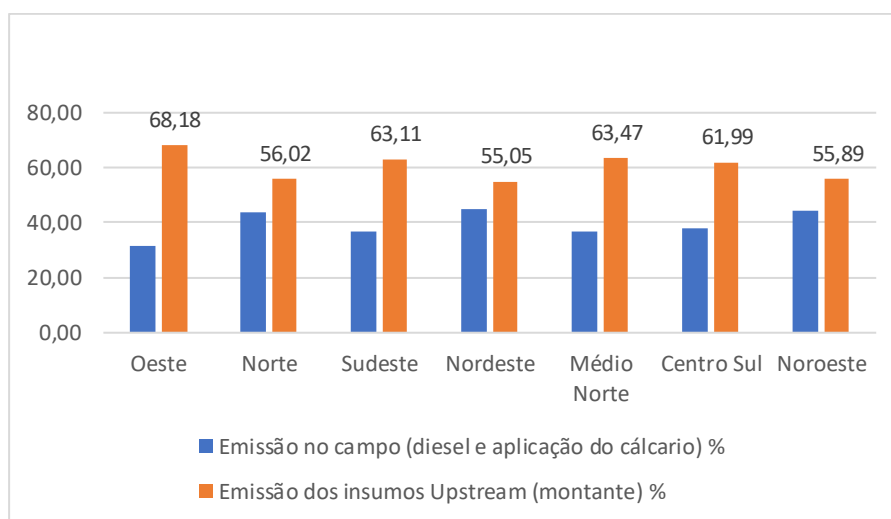
A macrorregião Nordeste vem consolidando na produção de soja no Estado, com 16,9 % de produção, é o terceiro maior produtor, quarto lugar no quesito emissão de kg CO_{2eq}/kg de soja com 0,509. Diversos fatores interpretam esses números, sendo um deles o alto consumo de diesel comparada com as demais regiões, devido as práticas de mecanização na lavoura, alto uso do insumo calcário, essas emissões só não foram maiores devido aos insumos herbicidas, fertilizantes e inseticidas serem menores em comparação com as demais macrorregião, e o fator principal, é que teve a melhor produtividade, 3.786 kg de soja /hectare, melhorando a eficiência.

A macrorregião Sudeste é a segunda maior produtora, com 19,9% de participação na produção do Estado, sua emissão foi de 0,494 kg CO_{2eq}/kg/ha, relacionado ao consumo e aplicação de calcário, correspondendo a 30% de toda sua emissão, seguida dos uso de herbicida 21%, fertilizantes 15,7%, e inseticidas 11,4%, além de sua produtividade estar entre as mais baixa, o que contribui para a elevada emissão CO_{2eq}/kg/ha.

Médio Norte é a maior e mais tradicional macrorregião produtora de soja do Estado, 34,3 %, da produção total. Abriga grandes municípios produtores de soja como Lucas do Rio Verde, Sorriso, Sinop. As emissões de kg CO_{2eq}/kg de soja, foi de 0,437, uma das menores emissões comparadas com as demais regiões, justificado pela boa localização, centro do estado, menor custo benefício, tradição em produção, terras férteis, o que justifica menor uso de calcário comparado com as demais regiões, investimento em tecnologias, menor gastos com diesel, e boa produtividade em 3.522 kg/ha.

E por fim a macrorregião Oeste, representa mais de 11% da produção de soja dentro do Estado, a quarta mais produtiva, teve a menor emissão com 0,415 kg CO_{2eq}, podendo ser justificada pelo menor uso e consumo de calcário, seu grande diferencial, que não chegou a utilizar nem uma tonelada (832 kg) anual de calcário.

A Figura 2 compara as emissões de CO_{2eq} dos insumos nos escopos estudados: (montante) e durante a etapa de produção da soja (dentro da porteira) para cada macrorregião.

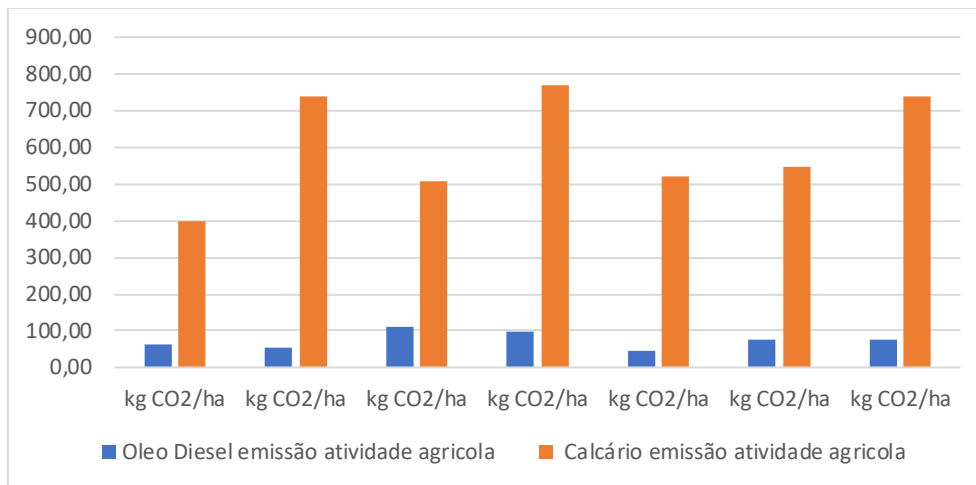


Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2: Comparação das Emissões de CO_{2eq} dos Insumos Utilizados nos escopos: *Upstream* (Montante) e *Direct* (Dentro da Porteira)

De acordo com os dados levantados, observou uma média de 60 % das emissões estão relacionadas com a fabricação desses insumos levantados, ou seja, *upstream* (montante), nesse rol de insumos todos

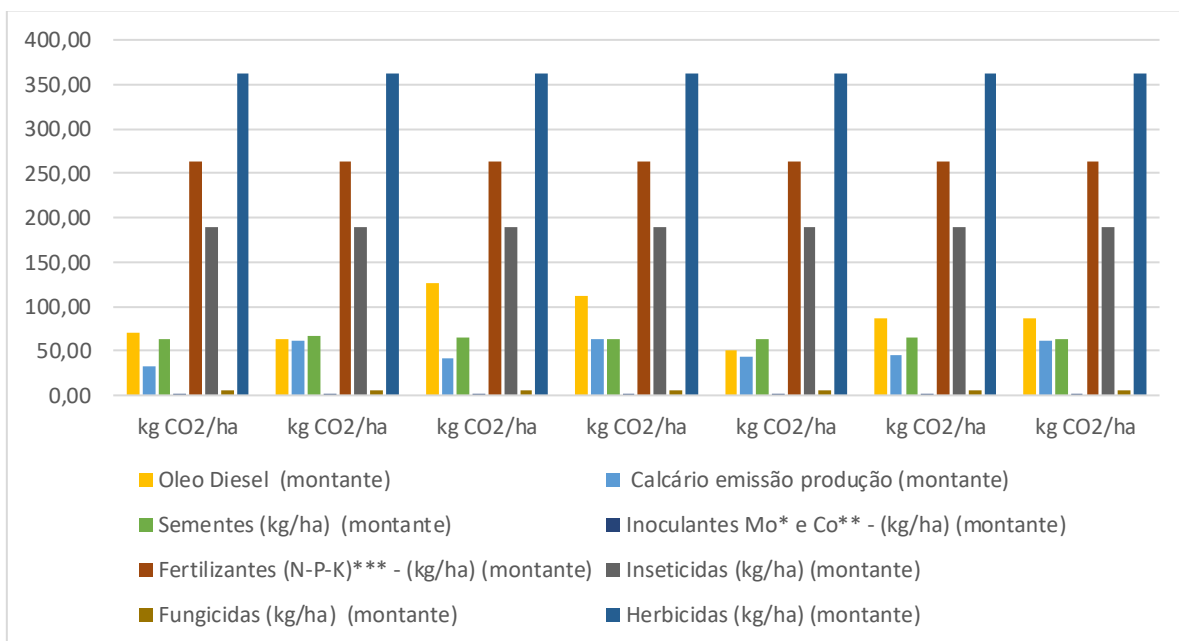
emitem CO_{2eq} na montante. Quanto aos insumos observado no escopo direto, ou seja (dentro da porteira), apenas dois itens foram considerados, sendo combustão do óleo diesel e aplicação do calcário, ambos emitem em seu uso e aplicação, (Figura 3).



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3: Emissões de CO_{2eq} dos insumos utilizados no escopo: *Direct* (Dentro da Porteira)

Esta comparação dos insumos mostra apenas o escopo direto, em que se observou que, para todos os casos, a aplicação de calcário é o maior emissor dos GEE durante a produção, o que correspondem quase 80% de toda emissão, enquanto o diesel envolvido nas práticas de cultivo, varia de 7% a 18% das emissões totais. As grandes quantidades de calcário que são utilizadas para corrigir a acidez do solo, garantem o posto de principal componente do aquecimento global na produção de soja. Quanto aos insumos em sua produção o maior vilão fica a cargo do herbicidas, como mostra a Figura 4.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4 - Emissões de CO_{2eq} dos Insumos Utilizados no escopo: *Upstream* (Montante)

No que diz respeito as emissões dos GEE, a montante (antes da porteira), os principais vilões fica a cargo dos Herbicidas em média 21%, seguido dos Fertilizantes (N-P-K) 15,5%, Inseticidas 11%, e diesel em média de 5%.

Diferente do produto calcário onde sua emissão na sua produção é irrelevante comparada as emissões na sua aplicação na atividade agrícola.

4 Considerações Finais

No presente estudo foram calculadas as emissões de GEE do cultivo da soja nas diferentes macrorregiões do Estado de Mato Grosso, em dois escopos, sendo: *Upstream* (montante) e *Direct* (atividade agrícola dentro da porteira). Os resultados mostram valores de emissão variando entre 0,415-0,591 de kgCO_{2eq}., com média 0,503 kgCO_{2eq}/kg de soja.

De todas as emissões em ambos os escopos, o vilão é a aplicação de calcário na fase *Direct* (dentro da porteira), respondendo em média de 35% em todas as macrorregião, seguido do uso de herbicida com média de 21%, fertilizantes 15%, inseticidas 11% , produção e queima da combustão do diesel em média de 10% e 3,75% outros.

A adoção de práticas agrícolas mais cuidadosas com relação à aplicação de calcário de acordo com a necessidade real melhorará os impactos das emissões. Além do mais, incentivos em tecnologias inovadoras, como a agricultura de precisão, bem como políticas públicas direcionadas para capacitação e incentivos para a integração da Lavoura e Pecuária podem ser uma forma de minimizar os impactos ambientais.

Referências

- ALVARENGA, R. A. F. de; DA SILVA JÚNIOR, V. P.; SOARES, S. R. Comparison of the Ecological Footprint and a Life Cycle Impact Assessment Method for a Case Study on Brazilian Broiler Feed Production. *Journal of Cleaner Production*, v. 28, p. 25–32, jun. 2012.
- ANP, A. N. do P., Gás Natural e Biocombustíveis. Sistema de levantamento de preços - Óleo Diesel em Mato Grosso. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, 2019. . Disponível em: <https://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp>. Acesso em: 27 mar. 2019.
- BALBINO, L. C. et al. Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2012.
- CARVALHO, J. L. N. et al. Potencial de Sequestro de Carbono em Diferentes Biomas do Brasil. n. 34, p. 277–289, 2010.
- CERRI, C. E. P. et al. Assessing the Greenhouse Gas Emissions of Brazilian Soybean Biodiesel Production. *PLOS ONE*, v. 12, n. 5, p. e0176948, 11 maio 2017.
- CONAB. Séries Históricas de Safras. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em: 5 out. 2018.
- CONAB, C. N. de A. Insumos Agropecuários. Disponível em: <<https://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultaInsumo.do?method=acaoListarConsulta>>.

DA CUNHA KEMERICH, P. D.; DOTTO, A. R. F.; DA SILVA, M. G. ESTIMATIVA DOS GASES DE EFEITO ESTUFA DO CULTIVO DA SOJA EM UMA LOCALIDADE EM CAÇAPAVA DO SUL-RS. *Revista Técnico-Científica*, n. 14, 2018.

DA SILVA CÉSAR, A. et al. Competitiveness Analysis of “Social Soybeans” in Biodiesel Production in Brazil. *Renewable Energy*, v. 133, p. 1147–1157, abr. 2019.

DALL’AGNOL, A. A Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições. 1a. edição ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

DALL’AGNOL, A.; LAZZAROTTO, J.; HIRAKURI, M. H. Desenvolvimento, Mercado e Rentabilidade da Soja Brasileira. Londrina, PR: EMBRAPA, abr. 2010. .

FAS, F. A. S. Oilseed: World Market and Trade. EUA: USDA - OF UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE., 2016. . Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2016.

HIRAKURI, M. H. et al. Indicadores de Sustentabilidade da Cadeia Produtiva da Soja no Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

IBGE, I. B. de G. e E. Censo Agropecuário: Características dos estabelecimentos. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/rondonopolis/pesquisa/24/27745>>. Acesso em: 24 mar. 2020.

IMEA. Agronegócio no Brasil e em Mato Grosso. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.imea.com.br/imea-site/view/uploads/relatorios-mercado/Apresentacao_20180212.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2019.

IMEA, I. M. G. de E. Custo de produção da soja - Safra 2018/19. Cuiabá: IMEA, 2018. . Disponível em: <<http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/23102018162937.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

IMEA, I. M. G. de E. A. Agronegócio no Brasil e em Mato Grosso. Cuiabá: IMEA, 2014. .

IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2015.

ISO, I. O. F. S. ISO 14044:20: environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. Geneve: ISO, 2010. . Disponível em: <<http://goo.gl/KA8fa0>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

LAURANCE, W. F.; SAYER, J.; CASSMAN, K. G. Agricultural Expansion and Its Impacts on Tropical Nature. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 29, n. 2, p. 107–116, fev. 2014.

LUO, X.-S. et al. Inclusive Development and Agricultural Adaptation to Climate Change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 24, p. 78–83, fev. 2017.

PHÉLINAS, P.; CHOUMERT, J. Is GM Soybean Cultivation in Argentina Sustainable? *World Development*, v. 99, p. 452–462, nov. 2017.

RAUCCI, G. S. et al. Greenhouse Gas Assessment of Brazilian Soybean Production: A Case Study of Mato Grosso State. *Journal of Cleaner Production*, v. 96, p. 418–425, jun. 2015.

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. de. Soja: molibdênio e cobalto. Londrina: EMBRAPA, 2010. .

SUN, J. et al. Importing Food Damages Domestic Environment: Evidence from Global Soybean Trade. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 115, n. 21, p. 5415–5419, 22 maio 2018.

TOLOI, R. C.; VENDRAMETTO, O.; REIS, J. G. M. dos. Cadeia Produtiva da Soja. In: REIS, J. G. M. DOS; COSTA NETO, P. L. DE O. (Ed.). *Engenharia de Produção Aplicada ao Agronegócio*. 1. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2018. p. 19–38.

USDA, U. S. D. of A. World Agricultural Supply and Demand Estimates. Washington: USDA, 2016. v. 550

VENDRAMETTO, L. P. Contabilidade Ambiental dos Sistemas de Produção Agrícola e dos Serviços do Ecossistema do Cerrado de Lucas do Rio Verde - MT. 2011. Universidade Paulista, São Paulo, 2011.