



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

Estimativa do ponto de equilíbrio da sustentabilidade ambiental da emissão de CO² pelo transporte rodoviário de soja em Mato Grosso.

**Gustavo Santos Wingert, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
santos.wingert@ufrgs.br**

**Leonardo Xavier da Silva, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
leonardo.xavier@ufrgs.br**

ARTIGO TÉCNICO-CIENTÍFICO

EIXO TEMÁTICO: ENERGIA, MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE.

RESUMO

É sabido que o transporte rodoviário é um grande emissor de Gases de Efeito Estufa (GEE). Sabe-se ainda que, em termos ambientais, o cultivo da soja possui a capacidade de sequestrar Dióxido de Carbono (CO²) e armazená-lo no solo. Assim sendo, o trabalho teve como objetivo estimar o ponto de equilíbrio ambiental do transporte rodoviário da soja em Mato Grosso, considerando a emissão de CO². Ou seja, buscou-se simular até que ponto o transporte da soja por rodovias é ambientalmente sustentável em relação à emissão do gás. Ficou estimado que um caminhão convencional de carga possui uma autonomia ambientalmente sustentável de 4.807 quilômetros de percurso. Ficou estimado ainda que o percurso total ambientalmente sustentável a ser percorrido pelos caminhões para o escoamento de todo o grão produzido seja de 5.539.187.819 bilhões de quilômetros. Conclui-se, por fim, que a partir destas distâncias, o transporte da soja através de caminhões passa a ficar ambientalmente danoso.

PALAVRAS-CHAVE: CO². Sustentabilidade. Transporte rodoviário. Soja. Estimativa.

INTRODUÇÃO

Mato Grosso se destaca quanto à produção de soja a nível nacional e mundial, bem como de outros produtos de origem agropecuária. O estado figura como o maior produtor de soja no Brasil, com municípios apresentando níveis de produção bastante expressivos (IBGE, 2022). O modal de transportes rodoviário é o mais utilizado para o escoamento de grãos no Brasil, representando cerca de 61% do total de meios de transporte utilizados para a movimentação de carga no país (CNT, 2015).

Ao constatar que o principal meio de transporte de grãos no Brasil é através das rodovias, o objetivo do trabalho é estimar o ponto de equilíbrio entre a sustentabilidade



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade

12 a 14 de novembro de 2024

Salvador - BA, Brasil

ambiental e a logística de transporte rodoviária, em relação à emissão de CO² no escoamento da soja em Mato Grosso.

A importância de se estimar o ponto de equilíbrio ambiental no transporte rodoviário de soja se apoia na necessidade de desenvolver indicadores que permitam uma gestão logística mais eficiente do ponto de vista ambiental, corroborando assim para a expansão sustentável do setor agrícola.

REFERENCIAL TEÓRICO

A logística de transportes: aspectos gerais

A logística se define como sendo o planejamento do processo de fluxo de materiais, objetivando a entrega das necessidades na qualidade demandada e no tempo certo, otimizando recursos e aumentando a qualidade dos serviços (BALLOU, 1999). Outra definição descreve a logística como sendo o processo de gestão dos fluxos de produtos, dos serviços e das informações associadas ao processo, entre os fornecedores e os clientes, conduzindo aos clientes de qualquer lugar, os produtos demandados com a melhor qualidade (MOURA, 2006). O modal rodoviário corresponde a 61% do total de modais utilizados para a movimentação de cargas no Brasil, inclusive para o escoamento de grãos (CNT, 2015). No Brasil, como já destacado, o modal mais utilizado é o rodoviário, onde se utilizam carros, carretas e caminhões para a movimentação de cargas (PAURA, 2011).

A soja: aspectos gerais e econômicos

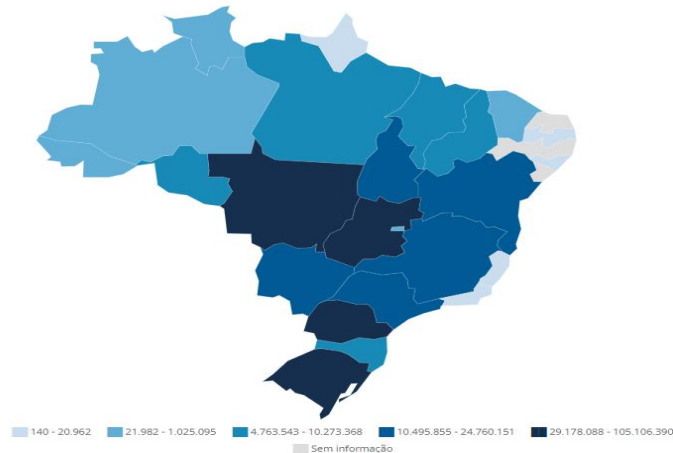
A soja é uma planta da família das leguminosas e do grupo das Fabaceae. O nome científico da soja é *Glycine Max L.* A soja é originária da Ásia, mais precisamente no Nordeste da China, sendo que foi domesticada cerca de 4500 e 4800 de anos atrás para servir de alimento humano. O grão foi difundido primeiramente na Europa no ano de 1739 e nos Estados Unidos no ano de 1765. No Brasil, o grão foi difundido no ano de 1882, mais precisamente no estado da Bahia, seguido pelo estado de São Paulo no ano de 1891, chegando posteriormente no estado do Rio Grande do Sul em 1914 (LOPES,



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

2013). Na figura 1, observamos o desempenho brasileiro estadual em 2022 em relação ao valor da produção de soja.

Figura 1: Mapa do desempenho do valor da produção estadual da soja em 2022.



Fonte: Mapa baixado do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022.

Na figura em tons na cor azul, quanto maior for o valor da produção de soja no estado, mais escuro fica a cor. Destacam-se, neste mapa, quatro estados com maior valor de produção do grão. O estado do Rio Grande do Sul figura na quarta posição, com 29.178.088 bilhões de reais. Na terceira posição, figura o estado do Paraná com 39.984.757 bilhões de reais oriundos da produção de soja. Na segunda posição, figura o estado de Goiás, com 42.982.575 bilhões de reais. Na liderança do ranking, está o estado de Mato Grosso, com 105.106.390 bilhões de reais oriundos da produção de soja (IBGE, 2022).

Mato grosso: aspectos gerais do perfil socioeconômico

Mato Grosso está localizado na Região Centro-Oeste do Brasil e tem como limites os estados do Amazonas, Pará, Tocantins, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rondônia e a Bolívia. Sua capital é o município de Cuiabá, com uma população de 650.877 mil habitantes (IBGE, 2024). Mato Grosso possui uma área territorial de 903.208,361 quilômetros quadrados e uma população de 3.658.649 milhões de habitantes (IBGE, 2022). O IDH do estado é de 0,736 (IBGE, 2021). O setor agropecuário no Brasil foi, sem dúvida, um dos que mais se desenvolveu nos últimos anos (NASCIMENTO et. al., 2018).



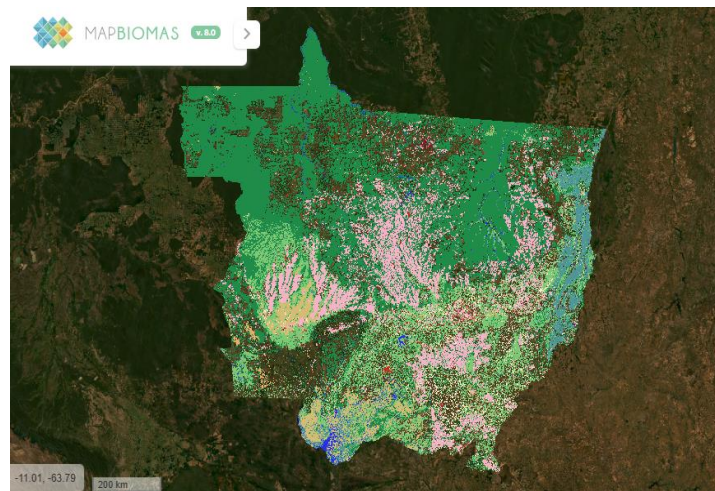
XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

Neste contexto, Mato Grosso é o maior produtor de algodão, milho e soja do Brasil, além de ser um dos protagonistas na expansão de produtividade e de área plantada, com expressivos indicadores (NASCIMENTO et. al., 2018). No ano de 2022, o município de Sorriso (MT) apresentou maior valor de produção, bem como maior quantidade produzida (IBGE, 2022).

Uso e cobertura do solo – Mato Grosso

Na figura 2, observa-se o território do estado de Mato Grosso.

Figura 2: Uso e cobertura de solo para o cultivo de soja em Mato Grosso.



Fonte: MapBiomas – Brasil (2024).

As áreas apresentadas em cor verde representam as áreas de floresta, o equivalente a 70% de todo o território. As áreas representadas em cor bege representam formação florestal não natural, o equivalente à 9,7%. As áreas representadas em cor rosa representam lavouras de soja, equivalente a 18% do território (MAPBIOMAS, 2024).

METODOLOGIA

Objetivos

O objetivo geral do estudo é verificar qual a distância ambientalmente sustentável pode percorrer um caminhão para o transporte da soja em Mato Grosso, pela ótica da emissão de CO².



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

Para tal, os objetivos específicos são: (a) estimar o consumo médio por quilômetro de óleo diesel pelo caminhão de carga; (b) levantar a emissão média por quilômetro de CO² pela queima do óleo diesel utilizado como combustível do caminhão; (c) estabelecer uma capacidade média de carga do reboque do caminhão de carga e (d) levantar a quantidade de CO² sequestrado da atmosfera pelo cultivo da soja.

Dados

Emissão de CO² pelo modal rodoviário no transporte da soja

Os dados foram coletados de literaturas e de domínios de internet de instituições governamentais de pesquisas. Os dados são referentes à categoria do veículo de carga considerado para a pesquisa, informações de consumo de diesel e emissão de CO² pelo veículo, sequestro de CO² pelo solo e dados de produção de soja em Mato Grosso na safra 21/22. Os dados referentes a classificação do veículo de carga foram coletados junto à Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários, ANTF (2023). O dado referente à autonomia por litro de Diesel foi coletado junto a obra do autor Cruvinel et al (2012). O dado referente a emissão de CO² por litro de combustível fóssil (diesel) queimado foi coletado junto a obra do autor Pádua (2014). Os dados referentes a produtividade média de soja por hectare, quantidade de área colhida e total produzido em Mato Grosso foram coletados junto ao IBGE (2022), referentes a safra 21/22. O dado referente ao sequestro de carbono armazenado no solo no cultivo de soja foi coletado junto a obra do autor Potenza et. al. (2022).

Sequestro de CO²

O armazenamento de Carbono se dá em três diferentes compartimentos, que é na vegetação (incluindo as raízes), na palhada (incluindo madeira morta) e no solo (AMEZAGA, 2010), (CHERUBINI, 2010).

No trabalho, foi considerado o carbono sequestrado e armazenado no solo, em Bioma Cerrado. Foi considerado ainda o sistema produtivo de monocultivo, onde é desenvolvido apenas a cultura da soja, em SPD – Sistema de Plantio Direto.



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

O dado referente ao sequestro de CO² por hectare ao ano foi coletado junto a obra do autor Potenza et. al (2022), referente ao cultivo de soja no Bioma Cerrado em Sistema de Plantio Direto.

Tratamento dos dados

Para fazer o tratamento dos dados, será utilizada a estatística descritiva. A estatística descritiva pode ser aplicada de três maneiras distintas: a) tabelas; b) gráficos; c) medidas descritivas (tendência central, dispersão e forma) (GUEDES et al., 2005). Assim sendo, o trabalho destaca os dados dos seus resultados através de tabelas e gráficos.

O trabalho busca estimar o ponto de equilíbrio ambiental da emissão de CO² pelo transporte rodoviário para o escoamento de soja produzida em Mato Grosso no ano de 2022. A estimativa não considera outras fontes de emissão de CO² pelo cultivo da soja, como a decomposição de resíduos da lavoura e a aplicação de insumos (calcário). O trabalho considera a retenção de CO² no solo cultivado com soja a fim de ponderar o saldo de emissão do gás de efeito estufa.

Fórmula aplicada

A fórmula utilizada para o cálculo foi adaptada dos autores Alvarez & Linke (2003), descritos na obra da autora Bartholomeu (2006). A fórmula original considera as tecnologias de controles de emissões de GEE, porém, neste trabalho, essa variável foi desconsiderada. Para o cálculo de emissão de CO², foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Emiss CO}_2: \text{FE CO}_2^{\text{ab}} \times \text{ATIVIDADE}^{\text{Eab}}$$

- **Emiss CO₂**: quantidade emitida de CO².
- **FE CO₂^{ab}**: fator de emissão por tipo de veículo e tipo de combustível.
- **ATIVIDADE^{Eab}**: distância percorrida para o tipo de combustível e tipo de veículo.

Assim sendo:

- **Emiss CO₂: "X"** (o "X" é a quantidade emitida de CO² a ser encontrada).



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade

12 a 14 de novembro de 2024

Salvador - BA, Brasil

- **FE CO²ab:** (i) emissão de CO² por quilômetro percorrido; (ii) Diesel.
- **ATIVIDADEab:** (i) 1 Quilômetro; (ii) Caminhão de Carga.

Em relação aos cálculos para a obtenção dos resultados estimados, tem-se as seguintes etapas, não necessariamente nesta ordem exata:

A) Estima-se a quantidade de óleo diesel consumida pelo caminhão a cada quilômetro percorrido. O cálculo foi feito dividindo um litro de óleo diesel pela sua autonomia por litro de combustível (óleo diesel).

B) Estima-se a quantidade de CO² emitido pelo caminhão de carga por quilômetro rodado em função da quantidade de óleo diesel queimado neste percurso. O cálculo foi feito multiplicando a quantidade de óleo diesel consumida por quilômetro pela quantidade de CO² emitido por litro de óleo diesel.

C) Estima-se a quantidade de CO² sequestrado da atmosfera por tonelada de soja produzida. O cálculo é feito dividindo a quantidade de CO² sequestrado por hectare pela produtividade (em toneladas) média da soja em Mato Grosso, também por hectare.

D) Estima-se a distância ambientalmente sustentável a ser percorrida pelo caminhão de carga. O cálculo é feito através da soma da emissão adicional de CO² a cada quilômetro percorrido pelo caminhão, até que o valor da soma seja aproximadamente igual ao total de CO² sequestrado pelo volume de soja armazenado no reboque.

E) Adicionalmente, ainda são feitas estimativas da distância ambientalmente sustentável a ser percorrida pelo tamanho da frota de caminhões necessária para o escoamento total ou parcial de todo volume de soja produzida no estado.

DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

Para se auferir os resultados quantitativos da emissão de CO² pelo transporte rodoviário de escoamento da soja em Mato Grosso, adaptou-se a fórmula de cálculo dos autores Alvarez & Linke (2003), descritos na obra de Bartholomeu (2006).

A fórmula considera duas variáveis, que são o ¹Fator de Emissão por Tipo de Veículo para determinado tipo de combustível e a ²Distância Percorrida. O fator de emissão diz



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

respeito a quantidade de CO² emitido na atmosfera pela queima de “uma unidade” (litro) de combustível fóssil (diesel) através de caminhão de carga convencional numa distância percorrida de um quilômetro (1 km).

Na tabela 1, observa-se a classificação geral do veículo de carga.

Tabela 1: Classificação do veículo.

Informações gerais		
Categoria	Nomenclatura abrangente	Capacidade média de carga
Pesados	Caminhão de carga	33.000 Quilogramas

Fonte: elaboração própria, com base na Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (2023).

Na tabela 2, observam-se os dados brutos de consumo de combustível fóssil (Diesel) e a quantidade emitida de CO² com a queima desse combustível.

Tabela 2: Valores brutos de consumo de diesel e emissão de CO².

Variável	Fontes	Dados primários
Autonomia por litro de diesel	CRUVINEL et al (2012)	3,20 quilômetros
Emissão de CO ² por litro	PÁDUA (2014)	2,75 quilogramas

Fonte: elaboração própria, com base em Cruvinel et.al (2012) e Pádua (2014).

Na tabela 3, após a aplicação da fórmula adaptada, observam-se os resultados de consumo de diesel por quilômetro rodado e a quantidade emitida de CO² neste mesmo percurso.

Tabela 3: Valores das variáveis de emissão de CO² convertidas em quilômetro.

Variável	Resultados
Consumo de diesel por quilômetro	0,312 Litros (L)
Emissão de Co ² por quilômetro rodado	0,858 Quilogramas (kg)
0,858 kg/caminhão/km/0,312L-Diesel	

Fonte: elaboração própria, com base em Cruvinel et.al (2012), Pádua (2014) e Alvarez & Linke (2003).

Na tabela 4, constatam-se os dados de produção de soja no estado de Mato Grosso na safra 2021/2022.



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

Tabela 4: Dados de produção da soja em Mato Grosso.

Variável	Fontes	Dados primários
Produtividade média por hectare	IBGE (2022)	3.481 quilogramas
Área colhida	IBGE (2022)	10.924.622 hectares
Quantidade total produzida	IBGE (2022)	38.025.387 toneladas

Fonte: elaboração própria, com base em IBGE (2022).

Na Tabela 5, observa-se a quantidade de CO² capturado e armazenado no solo no cultivo da soja em região de Bioma Cerrado.

Tabela 5: sequestro de CO² pelo solo na produção de soja.

Variável	Fonte	Dado
CO ² /ha/ano solo (uma safra)	POTENZA et. al (2022)	440 quilogramas
DESCRIÇÃO		
Cultivo de soja no Cerrado em Sistema de Plantio Direto		

Fonte: elaboração própria, com base em Potenza et. al. (2022).

Considerando os dados e os resultados de emissão auferidos, constata-se que, para deslocar toda a produção de soja, seria necessária uma frota de 1.152.317 caminhões de carga convencionais, com uma capacidade média de carga de 33.000 quilogramas, feitas, hipoteticamente, numa única viagem. Essa frota de veículos de carga, considerando a taxa de emissão de CO² pela queima do combustível fóssil, emitiria cerca de 988.688 quilogramas de Dióxido de Carbono (CO²) a cada quilômetro percorrido.

A matriz de transporte de cargas do Brasil tem como o modal rodoviário o maior meio de movimentação de cargas, cerca de 61,2% (CNT, 2014). Ao considerarmos essa mesma porcentagem de utilização do modal no estado de Mato Grosso, cerca de 23.195.486 de toneladas de soja seriam transportadas através de caminhões de carga. Assim sendo, seria necessária uma frota de cerca de 703.000 caminhões, que por sua vez emitiria cerca de 603.174 quilogramas de Dióxido de Carbono (CO²) a cada quilômetro percorrido. Vale ressaltar que esse valor é referente a um (1) quilômetro percorrido, ou seja, esses valores de emissão de CO² são ainda maiores quando percorrido todo o percurso até seu destino.

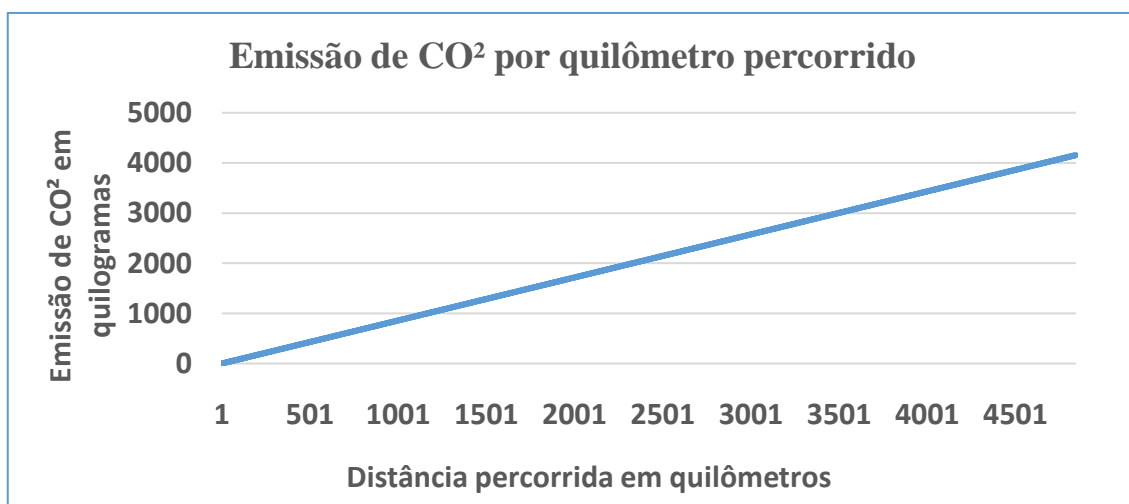


XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

Ao cruzarmos o dado da tabela 5 com os dados de produção da tabela 4, temos que toda a safra de soja de Mato Grosso do ano de 2022 foi responsável por sequestrar cerca de 4.806.833.680 de toneladas de CO² da atmosfera e armazenar no solo. Isso corresponde a cerca de 125 quilogramas de CO² capturados por tonelada de soja produzida. Assim sendo, um caminhão de carga que emita 0,858 quilogramas de CO² na atmosfera a cada quilômetro percorrido e que transporte 33.000 quilogramas de soja, teria um saldo negativo de 4.124,14 quilogramas de emissão de CO² no primeiro quilômetro percorrido.

Esse saldo negativo de emissão indica que o transporte rodoviário de soja seja ambientalmente sustentável até uma distância percorrida de aproximadamente 4.807 quilômetros por veículo de carga, onde então a partir daí começaria a conferir saldo positivo na emissão de CO², tornando-se ambientalmente danoso. Considerando a emissão total de CO² pelo transporte e a quantidade total sequestrada do gás pelo cultivo da soja, fica estimado que a distância total ambientalmente sustentável a ser percorrida pelos caminhões para o escoamento de todo volume de soja produzido seja de 5.539.187.819 quilômetros. Esse valor é referente a rodagem total de todos os caminhões.

Gráfico 1: linha de tendência da emissão de CO² pelo caminhão de carga em função da queima de combustível fóssil (óleo diesel).



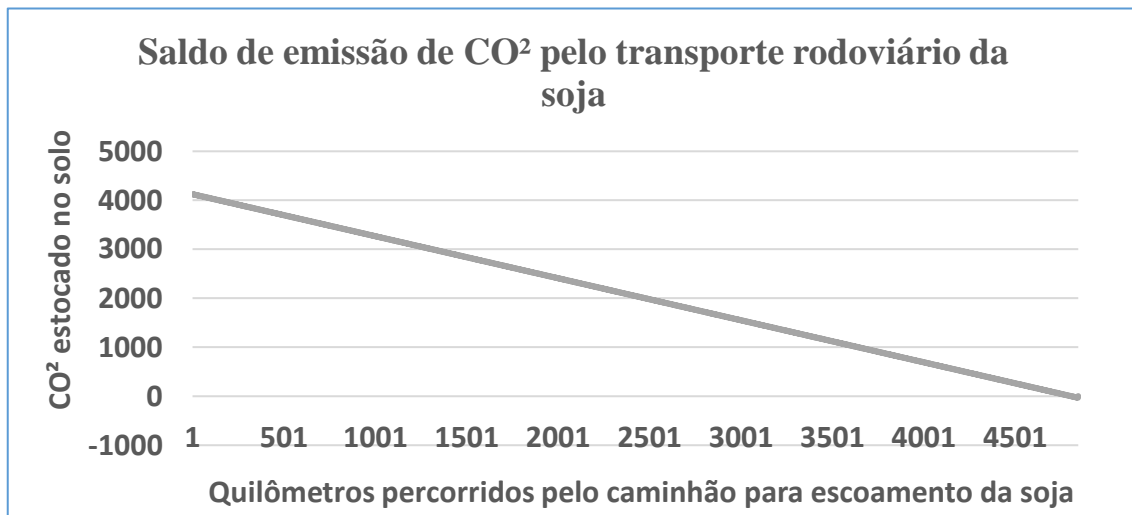
Fonte: elaboração própria, com base em Pádua (2014).



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

No gráfico 1, podemos observar o comportamento do acumulado de emissão de CO² pelo caminhão de carga convencional a medida em que ele se desloca. Observamos que à medida que o caminhão se desloca, aumentam os níveis de CO² emitidos na atmosfera pela queima de combustível fóssil (diesel), o que sugere que estratégias bioeconômicas, como a adoção de combustível renovável e uma melhor gestão logística para uma maior eficiência das rotas sejam, neste primeiro momento, uma solução de mitigação de emissão de GEE.

Gráfico 1: linha de tendência do saldo de CO² emitido em relação ao CO² estocado no solo cultivado com soja.



Fonte: elaboração própria, com base em Pádua (2014) e Potenza (2022).

No gráfico 2, pode ser observado o saldo de emissão de CO² na atmosfera, considerando a relação do gás armazenado no solo no cultivo da soja com o gás emitido pelo escoamento da soja em caminhões de carga. Neste caso, pode-se observar que o CO² estocado no solo no cultivo da soja vai sendo “descontado” pela emissão de CO² através da queima do combustível fóssil à medida que o caminhão de carga percorre o percurso. Assim sendo, é possível afirmar que até determinada distância, o transporte rodoviário de soja é ambientalmente sustentável, sendo este o ponto de equilíbrio ambiental do processo de escoamento do grão através de rodovias.



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade

12 a 14 de novembro de 2024

Salvador - BA, Brasil

O cultivo da soja possui a capacidade de sequestrar Carbono na atmosfera e armazená-lo no solo e, com isso, através do seu transporte rodoviário, compensa a emissão de CO² da queima de combustível fóssil pelo veículo que a transporta. Existe assim uma margem de emissões que permitem que o seu transporte seja ambientalmente viável até certo ponto. Com isso, fica sugerido que uma gestão e planejamento mais eficientes de rotas, por exemplo, seriam uma solução para a redução da concentração de CO² na atmosfera oriundos da queima de combustível fóssil pelo modal rodoviário de transportes de soja em Mato Grosso. Numa situação ideal e pouco provável a curto prazo, uma substituição parcial ou total do modelo logístico de transportes através da substituição de veículos ineficientes por opções mais eficientes, tanto na capacidade de carga quanto no consumo de combustível, seria um grande avanço na sustentabilidade ambiental do setor agrícola mato-grossense.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado de Mato Grosso é o maior produtor de grãos do Brasil, e a maior parte dessa expressiva produção é escoada pelo modal rodoviário, em caminhões de carga. O modal rodoviário é responsável pelos maiores níveis de emissão de CO² dentre os modais de transporte presentes no país. O trabalho procurou estimar qual o ponto de equilíbrio ambiental do transporte da soja em Mato Grosso, ou seja, até que ponto a soja pode ser transportada pelo modal rodoviário ao mesmo tempo em que se mantém ambientalmente sustentável em relação à emissão do gás. **Após a aplicação da equação e da análise dos resultados, conclui-se que cada caminhão convencional de carga com capacidade média de carregamento de 33.000 quilogramas possui uma autonomia ambientalmente sustentável estimada de 4.807 quilômetros de percurso.**

Destaca-se ainda que Mato Grosso produziu na safra 21/22 um total de 38.025.387 toneladas, sendo então necessários para escoar toda essa produção cerca de 1.152.317 caminhões de carga convencionais, com uma capacidade média de carga de 33.000 quilogramas. **Ao considerar a distância ambientalmente sustentável de cada caminhão, a capacidade média de carga do reboque e o volume total de soja produzida**



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

no estado, fica estimado que a distância total segura a ser percorrida pelos caminhões para o escoamento de todo o grão produzido seja de 5.539.187.819 quilômetros, considerando a rodagem total de todos os veículos de carga. Destaca-se ainda que, a partir dessa distância, a quantidade de CO² emitida pelo transporte rodoviário da soja passa a ser maior que o CO² sequestrado e armazenado no solo no processo de cultivo do grão. A estimativa se apoia na importância de se elaborar políticas e estratégias de gestão ambiental eficientes, podendo o indicador levantado neste estudo ser utilizado como ferramenta estratégica na elaboração de planos.

Uma reflexão importante a se fazer é se é mesmo necessário uma mudança radical do modelo logístico de transporte atual para o escoamento de soja em Mato Grosso ou no Brasil, uma vez que existe um limite de emissões de CO² que não excede a quantidade de gás sequestrado no cultivo da soja. Uma substituição radical no modelo logístico atual de transportes de grãos por um modelo mais eficiente, do ponto de vista de consumo e de capacidade de carga, tem um potencial ambiental bastante significativo, contribuindo de maneira importante para a redução da concentração de CO² na atmosfera, tendo em vista que o modal rodoviário de transportes é um dos grandes responsáveis pela emissão do gás, devido ao alto consumo de combustível fóssil.

Como limitações importantes, o trabalho utilizou apenas dados coletados de literaturas e endereços eletrônicos governamentais para a estimativa do ponto de equilíbrio. Outra importante limitação se refere à emissão de CO² nos processos de cultivo da soja, que não foram considerados nesta estimativa. Por fim, o trabalho teve como limitação a falta de dados que caracterizassem a frota de caminhões de carga de Mato Grosso, bem como as tecnologias de redução de emissão de GEE que esses veículos eventualmente utilizam, que podem possibilitar resultados mais fidedignos.

Este trabalho de caráter objetivo e sucinto procurou estimar a distância ambientalmente segura de percurso para o escoamento da soja produzida em Mato Grosso, utilizando como ano-base a safra 21/22.



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade
12 a 14 de novembro de 2024
Salvador - BA, Brasil

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁLVAREZ JUNIOR, O.M.; LINKE, R.R.A. Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil. 2003. Disponível em: <http://www.cetesb.gov.br>.

AMEZAGA, J. M.; MALTILZ, G. V.; BOYES, S. Ssessing the Sustainability of Bioenergy Projects in Developing Countries: a framework for policy evaluation. Newcastle, 2010.

ANTF - Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários. Relatório de Produção. Disponível em: <https://www.antf.org.br/relatorio-mensal-de-producao/>. Ano de 2023. Acesso em: junho de 2024.

BALLOU, Ronald. Gestão da logística de negócios: planejamento, organização e controle da cadeia de suprimentos. 4ª ed. Londres, Inglaterra: Prentice-Hall, 1999.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi. Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras. ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; USP - Universidade de São Paulo. Tese apresentada para a obtenção do título de Doutora em Economia Aplicada. Piracicaba – SP, 2006

CHERUBINI, F. GHG balances of bioenergy systems - Overview of key steps in the chain and methodological concerns. *Renewable Energy*, v. 35, n. 7, p. 1565-1573, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Pesquisa CNT de rodovias 2015. Brasília: CNT, 2015. Acesso: <https://www.cnt.org.br/>.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Pesquisa CNT de rodovias 2014. Relatório gerencial. Brasília: CNT, 2014. Acesso: <https://www.cnt.org.br/>.

CRUVINEL, R. R. S.; PINTO, P. V. H.; GRANEMANN, S. R. Mensuração econômica da emissão de CO² da frota dos transportadores autônomos de cargas brasileiros. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 2, p. 234-252, Brasília-DF, 2012. (Universidade de Brasília (UNB). Brazilian Transportation Planning Society – BTPS). Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: junho de 2024.

GUEDES, T. A.; MARTINS, A. B. T.; ACORSI, C. R. L.; JANEIRO, V. Projeto de ensino aprender fazendo estatística. 1-49. Universidade Federal de Maringá. Maringá-PR, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária no Brasil – Produção Agropecuária - soja. Acesso em: junho de 2024. Dados referentes ao ano de 2022.



XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Futuros reinventados: Construindo o amanhã com a linha da ancestralidade

12 a 14 de novembro de 2024

Salvador - BA, Brasil

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária no Brasil – Produção Agropecuária - soja. Acesso em: junho de 2024. Dados referentes ao ano de 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária no Brasil - Produção de soja. Cidades e Estados. Acesso em: 21 de junho de 2024.

LOPES, A. L. C. Cultivo e manejo da soja - Minas Gerais. FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. MG, outubro de 2013.

MAPBIOMAS - SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima). Acesso em 2024.

MOURA, B. C. Logística: conceito e tendências. Editora Centro Atlântico. Lisboa, Portugal, 2006. ISBN 978-615-019-2.

NASCIMENTO, A. P. P.; FIGUEIREDO, A. M. R.; MIRANDA, P. R. Dimensão do PIB do agronegócio na economia de Mato Grosso. Ensaio FEE, v. 38, n. 4, p. 903-929, Porto Alegre - RS, 2018.

PÁDUA, Z. M. C. Avaliação das emissões de CO² por veículos de transporte de cargas pelo método Botton-Upem rodovias com pista dupla e simples. Dissertação. Centro Universitário de Araraquara. Araraquara, 2014.

PAURA, G. L. Fundamentos da logística. Rede e-Tec Brasil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná. Curitiba, PR, 2011.

POTENZA, R.; QUINTANA, G.; SANTOS, C.; MONTI, J. Balanço de carbono na produção de soja do Matopiba. Fundação Solidaridad; Imaflora. São Paulo, 2022.