



IMPACTO ECONÔMICO E AMBIENTAL *EX ANTE* DO BIOINSUMO SATISFOS NA ÓTICA DO PROGRAMA RENOVABIO

EX-ANTE ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE BIO-INPUTS SATISFOS FROM THE PERSPECTIVE OF THE RENOVABIO PROGRAM

Rosana do Carmo Nascimento Guiducci

Embrapa Agroenergia

Rosana.guiducci@embrapa.br

Priscila Seixas Sabaini

Embrapa Agroenergia

priscila.sabaini@embrapa.br

José Adriano Marini

Embrapa Agroenergia

adriano.marini@embrapa.br

Monica Caramez Triches Damaso

Embrapa Agroenergia

monica.damaso@embrapa.br

Grupo de Trabalho (GT): <<4. Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade>>

Resumo

O objetivo do artigo é analisar impactos econômicos e ambientais *ex ante* da adoção do bioinsumo Satisfos no cultivo de soja, levando em conta mudanças potenciais no custo de produção e oportunidades advindas do Programa Renovabio. O método utilizado considera um cenário de adoção gradual da tecnologia no plantio de soja correspondente a 0,2% ao ano da área de soja no Brasil, na safra 2022/2023, atingindo 1% em cinco anos. A análise foca na redução de 25% de insumos fosfatados mediante a incorporação do bioinsumo. Utilizou-se a versão 8.1 da “RenovaCalc - Rota Biodiesel para certificação de biocombustíveis”, o perfil típico definido na RANP 758 (BRASIL, 2018) e custo de produção da CONAB, como referência no estudo. Os resultados demonstraram potencial de impacto econômico e ambiental favorável do Satisfos, com redução no custo de produção de soja de R\$ 248,15 por hectare de soja. Verificou-se capacidade de redução de emissões de CO₂ da ordem de 7.316,58 t CO₂-eq. e renda adicional de R\$ 671,81 mil em comercialização de CBios, em uma área de 434,6 mil hectares de soja. Conclui-se que a tecnologia é promissora e contribui para maior sustentabilidade do agronegócio brasileiro.

Palavras-chave: RenovaBio, RevovaCal, Cbios, soja, bioinputs

Abstract

The objective of the article is to analyze ex ante economic and environmental impacts of the adoption of the Satisfos bioinput in soybean cultivation, taking into account potential changes in production costs and opportunities arising from the Renovabio Program. The method used considers a scenario of gradual adoption of technology in soybean planting corresponding to 0.2% per year of soybean area in Brazil, in the 2022/2023 harvest, reaching 1% in five years. The analysis focuses on the 25% reduction in phosphate inputs through the incorporation of the bio-input. Version 8.1 of “RenovaCalc - Biodiesel Route for biofuel certification” was used, the typical profile defined in RANP 758 (BRASIL, 2018) and CONAB production cost, as a reference in the study. The results showed the potential for a favorable economic and environmental impact of Satisfos, with a reduction in the soybean production cost of R\$ 248.15 per hectare of soybeans. There was a capacity to reduce CO₂ emissions of around 7,316.58 t CO₂-eq. and additional income of R\$ 671.81 thousand in the sale of CBios, in an area of 434.6 thousand hectares of soybeans. It is concluded that the technology is promising and contributes to greater sustainability of Brazilian agribusiness.

Key words: RenovaBio, RevovaCal, Cbios, soja, bioinputs



1. Introdução

O fósforo é um dos macronutrientes mais importantes para a produtividade agrícola, juntamente com o nitrogênio e o potássio, sendo sempre requeridos em grandes quantidades pelas plantas. As funções que este macronutriente desempenha no crescimento das plantas não podem ser realizadas ou substituídas por outro elemento, e o fornecimento adequado deste é fundamental para o crescimento e a reprodução das culturas. O fósforo (P) faz parte da regulação da síntese proteica, sendo parte da estrutura dos ácidos nucleicos das plantas. Em consequência, desempenha funções fundamentais como: a) permite o desenvolvimento adequado das raízes e a aceleração da maturidade; b) atua no crescimento de novos tecidos e divisão de células; c) tem papel vital em praticamente todos os processos da planta que envolvem transferência de energia; d) é fonte de alta energia para as estruturas químicas da adenosina difosfato (ADP) e ATP, impulsionando tantas outras reações químicas dentro da planta (quando ADP e ATP transferem a alta energia vinda do fosfato para outras moléculas – processo denominado fosforilação, consolida-se a base para muitos outros processos essenciais ocorrerem); e) integra-se como um componente vital das substâncias que são bases para construção de genes e cromossomos, sendo parte essencial do processo de transportar o código genético de geração à geração, fornecendo, assim, o “modelo” para todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento.

Por ser macronutriente, é exigido em uma quantidade relativamente maior para as plantas, o que significa que é frequentemente deficiente em solos utilizados para produção agrícola. Em solos brasileiros, a deficiência destes elementos é um problema amplamente descrito na literatura agrônômica devido ao impacto direto na produção e a imobilização no solo que dificulta sua disponibilidade. Esta deficiência comumente encontrada é resultado do fósforo ser facilmente fixado em ligações insolúveis no solo. Geralmente, apenas 1% de P existente no solo está disponível para a planta.

O Brasil, por ser um grande produtor agrícola mundial, é também um grande consumidor (e importador) deste insumo. No ranking de países consumidores de fertilizantes agrícolas, o Brasil situa-se na 4ª posição em consumo de nitrogênio, 2ª posição em consumo de potássio e 3ª posição em consumo de fósforo (GLOBALFERT, 2022).

Juntamente com elevado consumo, observam-se elevações de preços deste insumo no mercado internacional. Nos cenários econômicos recentes, a forte alta dos preços dos adubos reduziu as margens dos rendimentos econômicos nas fazendas. Os preços de macronutrientes usados em fórmulas de adubos chegaram a quintuplicar desde 2020, alcançando picos históricos que ultrapassou o valor de US\$ 1 mil a tonelada (IndexMundi, 2022).

Em janeiro de 2022, o valor da tonelada do fosfato diamônico com 46% de P₂O₅ alcançou sua menor média no mercado internacional valendo US\$ 699,38/t iniciando uma ascensão até o mês de abril quando atingiu a marca de US\$ 954/t. Deste ponto em diante o valor do fosfato vem apresentando significativas quedas de preço alcançando o valor de US\$ 752/t no mês de setembro de 2022 (Figura 1).

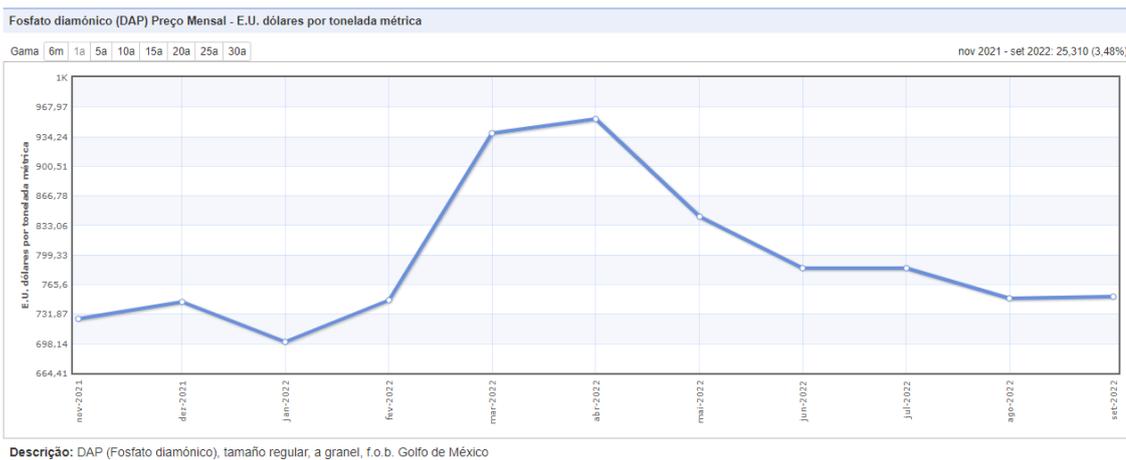


Figura 1 – Preços mensais de fosfato diamônico (DAP), em US\$/tonelada métrica.
Fonte: IndexMundi (2022).

Consequentemente, as oscilações de preços atingem em cheio o setor agrícola brasileiro, sobretudo porque o agronegócio não forma preços como a cadeia de serviços. Situa-se dentro de cadeias de *commodities* e opera com base em oferta e demanda. Cada cadeia – de grãos e de proteínas – é influenciada por variáveis diferentes. O agro não é um universo onde os produtores simplesmente repassam a alta dos custos para a ponta. O mecanismo de equilíbrio de mercado somente é acionado se o nível de preço dos adubos permanecer alto a ponto de ser mais lucrativo para o agricultor reduzir a aplicação do insumo e incorrer em perda de produtividade, do que utilizar a quantidade necessária para atingir a máxima eficiência técnica no sistema de cultivo. Neste caso, o custo marginal do insumo supera a receita marginal obtida. Isso significa que ao utilizar o quantitativo de insumo necessário para maximizar a produção, o produtor está adicionando mais aos custos do que à receita.

O efeito deste aumento de preços foi sentido na safra de soja 2022/2023, em que os custos de produção tiveram um significativo aumento de 26,6% em relação à safra anterior, estimados em R\$6.860,08 por hectare (APROSOJA, 2022). Em Primavera do Leste (MT), estima-se que o custo operacional da soja seja de R\$6.927,51/ha, chegando a R\$7.405,10/ha o custo total (CONAB 2023). Enquanto na safra de 2021/22 os custos médios de insumos, por hectare de soja convencional, somaram R\$1.100, na safra 2022/23 somaram R\$2.300, um aumento de 209%. Destes percentuais, os macronutrientes responderam por 92,5% na safra 2021/22 e 94,5% na safra 2022/23 (IMEA 2023).

Portanto, o desenvolvimento de tecnologias capazes de reduzir a dependência externa deste insumo é fundamental para garantir a estabilidade e crescimento do agronegócio brasileiro.

1.1. Bioinsumo como solução tecnológica sustentável para a nutrição de plantas

Para superar a limitação provocada pela indisponibilização do fósforo e outros nutrientes nos solos, bactérias solubilizadoras de nutrientes estão sendo utilizadas como inoculantes/bioestimulantes/biofertilizantes, sendo uma solução sustentável para promoção do crescimento e melhorias da nutrição de plantas e, por consequência, da produção de alimentos. Também é reportado o uso de fungos filamentosos nesse processo, pois produzem agentes que auxiliam na quelatização dos elementos minerais e ajudam sua assimilação dentro da planta.



O P encontra-se no solo na fase sólida (formas orgânicas e inorgânicas) e na fase líquida em formas inorgânicas na solução do solo. A forma chamada disponível é o somatório do P adsorvido com o assimilável. A maioria dos nossos solos têm forte capacidade de converter o fósforo assimilável em fósforo precipitado, ou seja, fixado por ligações com outros elementos como cálcio, ferro ou alumínio, formando compostos não assimiláveis pelas plantas (P- não lábil).

O fósforo é considerado um nutriente de baixa mobilidade no solo, comportamento atribuído à sua “fixação” pelos minerais da argila, e esse elemento tem presença relevante nos solos tropicais que apresentam elevados teores de óxidos de ferro e de alumínio – com os quais o P tem grande afinidade. Normalmente, entre 20% e 30% do fósforo aplicado como fertilizante é aproveitado pelas culturas anuais em solos tropicais, sendo necessária a aplicação de quantidades que, em geral, superam em muito as extrações dessas culturas.

Em solos mais intemperizados, o P associado a compostos orgânicos representa de 25% a 35% do P total. Nesses solos, invariavelmente, constata-se a presença de baixos teores disponíveis de P para as plantas, em função de o caráter-dreno de P de solos mais intemperizados predominar sobre o caráter-fonte, o que o torna mais competitivo do que a planta pelo fósforo aplicado na forma de fertilizantes solúveis.

Através da atividade microbiana, e o manejo correto do solo, o P é liberado para a solução do solo. Na solução do solo o P é encontrado em pequenas quantidades nas formas de $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} que é quando o P torna-se assimilável, sendo a forma mais absorvida pelas plantas.

Um caminho encontrado para solubilização do fósforo indisponível, que fica retido no solo, é a disponibilização de novos microrganismos ou de sobrenadantes de seus cultivos como inoculantes/bioestimulantes/biofertilizantes. O ativo tecnológico SatisFos tem essa função. Trata-se de uma solução tecnológica sustentável para desenvolvimento futuro de um produto comercial que utilizará insumo desenvolvido pela Embrapa e pela empresa Satis, para melhoria da nutrição mineral das plantas, promovendo seu crescimento e suprimento de nutrientes para produção de alimentos, bem como para melhorar o valor nutricional dos alimentos para o consumo humano.

Esta solução tecnológica possui o diferencial de ser obtida com microrganismos isolados no Brasil e a partir de diferentes biomas, valorizando a biodiversidade brasileira. Constitui-se de um composto de estirpes microbianas selvagens com capacidade de solubilizar fósforo retido no solo, podendo ser incorporada a processos produtivos agrícolas que utilizem o fósforo como um elemento nutricional.

O público-alvo para a adoção desta solução tecnológica são as empresas que fazem uso de adubação fosfatada nos cultivos agrícolas, que poderão optar pela utilização deste ativo, na perspectiva de solubilizar o fósforo presente nos solos e melhorar a assimilação daqueles disponibilizados por adubações químicas. Neste caso, permite uma redução nas doses de adubos químicos aplicados no solo, integrando-a ao seu processo produtivo, reduzindo o custo com a aquisição de fertilizantes químicos e o impacto ambiental destes produtos. Da mesma forma, produtores rurais que utilizam a adubação química tradicional em seus cultivos poderão se beneficiar com diminuição nos custos de aquisição dos nutrientes à base de fósforo, necessários à nutrição vegetal.

A solução tecnológica SatisFos tem potencial para gerar impactos econômicos e ambientais relevantes na produção agrícola nacional, além de estar alinhada aos grandes desafios colocados ao Brasil na atual conjuntura, com destaque para a dependência do país com relação à importação de fertilizantes e a necessidade de desenvolvimento de uma agricultura cada vez mais sustentável.



Neste trabalho, buscou-se avaliar de forma *ex ante* os impactos econômicos e ambientais da utilização do bioinsumo Satisfos no cultivo de soja. Além desta introdução, o trabalho é composto de metodologia, onde são apresentados os parâmetros e dados utilizados na análise, com destaque para métricas contidas na ferramenta RenovaCalc. Na terceira seção são apresentados e discutidos impactos econômico e ambiental *ex ante* da adoção da tecnologia no cultivo de soja. Por fim, apresentam-se as conclusões.

2. Metodologia

Resultados da pesquisa até o momento indicam que o Bioinsumo Satisfos tem potencial de elevar a disponibilização de fósforo preso na fração do solo em 25%. Sendo assim, trabalhou-se com estimativas de redução de custos pela diminuição da necessidade de nutrição mineral.

Utilizou-se dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB relativos aos coeficientes técnicos de produção de soja, safra 2022/2023, em sistema de plantio direto (alta tecnologia – OGM), no município de Primavera do Leste (MT). Aplicou-se redução de 25% no uso do superfosfato simples e foi acrescentado o valor do Satisfos, estimado em R\$ 115,85/ha. O diferencial de custo é o ganho econômico pela adoção da tecnologia.

Utilizou-se um cenário de adoção do SatisFos moderado, equivalente a 0,2% da área de cultivo de soja observada na safra 2022/23 ao ano, ao longo de cinco anos. Ou seja, a tecnologia atingirá um nível de adoção correspondente a 1% da área de soja na safra 2022/2023 em 5 anos.

Os impactos ambientais potenciais também foram avaliados para o cenário acima proposto, considerando o critério mudanças climáticas. Utilizou-se a versão 8.1 da “RenovaCalc - Rota Biodiesel para certificação de biocombustíveis” para cálculo, utilizando o perfil típico definido na RANP 758 (BRASIL, 2018) como referência no estudo. O perfil típico busca representar a quantidade média de insumos aportados aos sistemas de produção agrícola e agroindustriais brasileiros.

Avaliou-se também o impacto econômico no âmbito do Programa RenovaBio. Estimou-se a emissão evitada de CO_{2-Eq} frente a uma redução de 25% do fertilizante fosfatado na área definida no cenário de adoção da tecnologia, ao longo de cinco anos. Mediante destinação da soja para produção de óleo no Brasil, e produção de biodiesel a partir do óleo, descontou-se as emissões evitadas atribuídas aos coprodutos, em torno de 66%, considerando alocação por base energética. As emissões de CO_{2-eq} evitadas atribuídas à produção de biodiesel com este óleo são passíveis de geração de CBios e comercialização na B13.

A Renovacalc, ferramenta oficial de cálculo da RenovaBio, foi usada para estimar a intensidade de carbono (IC) do biodiesel produzido. O cálculo da IC feito pela Renovacalc tem como base a Avaliação de Ciclo de Vida atribucional, do berço ao túmulo, com alocação por critério energético. Os parâmetros técnicos da produção do biocombustível informados pelo produtor são agregados a dados de inventário de ciclo de vida de processos de background, advindos da base de dados ecoinvent. As emissões de GEE são estimadas segundo o IPCC (2006). Conforme esclarece MATSUURA et al. (2018) “a somatória destas emissões resulta na IC do biocombustível em g CO_{2eq}/MJ que, subtraída da IC do seu combustível fóssil equivalente, gera a nota de eficiência energético-ambiental do biocombustível (NEEA), e dá acesso a créditos de descarbonização, com valor de mercado.” Portanto, o impacto ambiental é avaliado em termos de emissões evitadas, que correspondem à NEEA, que são traduzidas em CBIOS. Cada CBIOS corresponde a 1 tonelada de CO₂ que deixou de ser emitida para atmosfera, ao usar o biocombustível.

Os parâmetros técnicos da fase agrícola informados na Renovacalc para o cálculo da IC foram: área total, produção total (base úmida), calcário calcítico, gesso, sementes, ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio, diesel B10. Na fase industrial (extração do óleo de soja), os parâmetros técnicos informados foram: processamento efetivo – soja, distância de



transporte – soja; rendimento óleo, rendimento farelo, eletricidade da rede – mix médio, diesel B10, cavaco de madeirada (base úmida), quantidade de óleo de soja processado, produção de biodiesel, produção de glicerina, metanol, metilato de sódio, eletricidade da rede – mix médio, cavaco de madeira (base úmida), umidade, distância de transporte. O dado de saída é a “IC do biodiesel” em (g CO₂eq/MJ).

A Renovacalc foi preenchida para o perfil típico e para o cenário com a adoção do bioinsumo Satisfos. O impacto ambiental da adoção da tecnologia é dado pela diferença entre as ICs do perfil típico e do cenário de adoção. A partir daí, estimou-se o diferencial proporcionado pela tecnologia em termos de quantidade de créditos de carbono e respectiva renda com a comercialização do CBio ao preço médio de R\$ 91,82, observado nos meses de nov/2022 a jan/2023.

3. Resultados e discussão

3.1. Impacto econômico da adoção do bioinsumo Satisfos por redução de custo

A produtividade e o custo de produção de soja, no município de Primavera do Leste (MT), observado na safra 2022/23 é apresentado na Tabela 1. Com uma produtividade média de 3,24 t/ha, o custo total por hectare foi de R\$ 5.641,27. Desse total, 54,72% foram gastos na etapa de plantio da soja, e o superfosfato simples responde, isoladamente, por 25,81% do custo total. Ou seja, um quarto de todo o custo de produção da soja corresponde a um único insumo – o superfosfato simples. Como mencionado anteriormente, este insumo tem grande participação nos custos de produção de soja no Brasil.

Levando em conta que a utilização do SatisFos deverá permitir reduzir em 25% o uso do superfosfato simples, gera-se uma economia da ordem de R\$ 364,00/ha. Descontando deste valor o custo do SatisFos, estimado em R\$ 115,85/ha, tem-se um impacto econômico positivo de R\$ 248,15/ha de soja. Portanto, a despesa com adubação de soja reduziria de R\$ 1.456,00 por hectare (Tabela 1) para R\$ 1.207,85 o hectare (Tabela 2), mediante adoção do bioinsumo.

Tabela 1 – Custo de produção de soja, em Primavera do Leste (MT), safra 2022/23

Operação / Insumo	Custo (R\$/ha)	(%)
1. Sistematização do solo	155,60	2,76
2. Preparo do solo	177,01	3,14
3. Plantio	3.087,17	54,72
3.1. Superfosfato simples	1.456,00	25,81
4. Tratos culturais	1.406,75	24,94
5. Colheita	126,33	2,24
Total do Custeio	4.797,26	85,04
6. Outras despesas	604,38	10,71
7. Despesas financeiras	239,63	4,25
Custo Total	5.641,27	100
Produtividade (t/ha)	3,24	

Fonte: CONAB.



Para o cenário de adoção proposto, em que ao longo de 5 anos, será atingido o equivalente a 1% da área cultivada com soja na safra 2022/2023, a partir de incrementos anuais de 0,2%. A área de cultivo de soja no Brasil, na safra 2022/2023 foi de 43,46 milhões de hectares. Serão, portanto, incrementos anuais de 86.919,80 hectares de soja utilizando o bioinsumo SatisFos. No quinto ano esta área será de 434.599 hectares, ou seja, 1% da área total destinada ao cultivo de soja (Tabela 2).

Tabela 2 – Impacto econômico por redução de custo, em cenário de adoção

Ano	Custos sem uso do bioinsumo (R\$/ha)	Custos com uso do bioinsumo (R\$/ha)	Economia Obtida (R\$/ha)	Área de Adoção (ha)	Impacto Econômico (R\$)
	(A)	(B)	C=(A-B)	(D)	E=(CxD)
1				86.919,80	10.784.574,19
2	1.456,00	1.207,85	248,15	173.839,60	21.569.148,37
3				260.759,40	32.353.722,56
4				347.679,20	43.138.296,74
5				434.599,00	53.922.870,93

Fonte: Elaborado pelos autores.

O impacto econômico pela redução de custos, no primeiro ano, é da ordem de R\$ 10,78 milhões, podendo chegar a R\$ 53,92 milhões no quinto ano, quando a adoção do bioinsumo se dá em uma área de 434,6 mil hectares de soja.

3.2. Impacto ambiental e econômico *ex ante* do bioinsumo no âmbito do RenovaBio

Para a avaliação de impacto *ex ante* nas regras do Programa RenovaBio, considerou-se que: 100% da soja produzida no cenário de adoção da tecnologia é destinada à produção de óleo no Brasil; 100% do óleo produzido é utilizado na produção de biodiesel, e; ambos são submetidos aos critérios do RenovaBio.

Os valores do perfil típico usado como referência neste estudo para o cálculo da intensidade de carbono contida nos processos de produção de soja, óleo de soja e biodiesel estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores típicos para a produção de soja, óleo de soja e biodiesel

Produto	Parâmetro	Valor Típico
Produção de Soja	Calcário Calcítico ou Dolomítico	249,0 kg/t soja
	Gesso Agrícola	53,3 kg/t soja
	Sementes	17,39 kg/t soja
	Fertilizantes Sintéticos Nitrogenados	2,8 kg N/t soja
	Fertilizantes Sintéticos Fosfatados	27,2 kg P2O5/t soja
	Fertilizantes Sintéticos Potássicos	32,7 kg K2O/t soja
	Combustíveis e eletricidade (Diesel B10)	10,7 L/t soja



Extração de óleo	Processamento efetivo - soja	600.000 t
	Distância de transporte - soja	300 km
	Rendimento óleo	200 kg/t soja
	Rendimento farelo	800 kg/t soja
	Eletricidade da rede - mix médio	34,55 kWh/t soja
	Combustíveis e eletricidade (Diesel B10)	0,11 L/t soja
	Cavaco de madeira (base úmida)	85,15 kg/t soja
Produção de biodiesel	Quantidade de óleo de soja processado	120.000 t óleo/ano
	Fração elegível dessa matéria-prima	100%
	Rota de produção	Metflica
	Produção de Biodiesel	128.400 m ³ /ano
	Produção de Glicerina purificada	13.800 t/ano
	Metanol	1.200 t/ano
	Metilato de sódio	2.160 t/ano
	Eletricidade da rede - mix médio	5.280 MWh/ano
	Cavaco de madeira (base úmida)	8.820 t/ano
	Umidade	35%
Distância de transporte	150 km	
Distribuição	100% rodoviário	

Fonte: RANP 758, 2018.

Observa-se que, pela definição dada na RANP 758, em média, utiliza-se 249 kg de calcário calcítico e 53,5 kg de gesso agrícola na produção de 1 tonelada de soja no Brasil. Em média, de uma tonelada de soja, são extraídos 200 kg de óleo e 800 kg de farelo. Por fim, no processamento de 120 mil toneladas de óleo de soja ao ano utilizam-se 1.200 t de metanol e 2.160 toneladas de metilato de sódio, gerando a produção de 128.400 m³ de biodiesel e 13.800 t de glicerina purificada, em média (Tabela 3).

O IC obtido na RenovaCalc para o perfil típico da soja é de 372,10 kg CO₂ eq/t soja ou 1.205.61 kg CO₂ eq/ha de soja, sem contar a contribuição da mudança do uso da terra (MUT). A retirada de 25% dos fertilizantes fosfatados tradicionais (perfil reduzido pelo uso do bioinsumo Satisfos) corresponde a uma redução de 15,37 kg CO₂ eq/t (49,79 kg CO₂ eq/ha), obtendo-se uma soja com intensidade de carbono de 356,74 kg CO₂ eq/t soja (1.155,83 kg CO₂ eq/ha (Tabela 4).

Tabela 4 – Impacto da utilização do Satisfos na Intensidade de Carbono

Produto	Intensidade de Carbono (IC)			Impacto Ambiental
	Unidade	Quantidade		
		Perfil Típico (A)	Perfil Reduzido (B)	C=(A-B)
Soja	kg CO ₂ eq/t	372,10	356,74	15,37



	kg CO ₂ eq/ha	1.205,61	1.155,83	49,79
Biodiesel	g CO ₂ eq/MJ	23,56	22,83	0,73
Diesel	g CO ₂ eq/MJ	86,50		

Fonte: Elaborado pelos autores.

O biodiesel obtido no processamento do óleo desta soja tem intensidade de carbono de 23,56 g CO₂eq/MJ no perfil típico e 22,83 no perfil reduzido, ambos bem abaixo do IC de seu substituto fóssil, o diesel, cuja intensidade de carbono é de 86,50 gCO₂eq/MJ. A diferença entre os ICs dá a medida do impacto ambiental da adoção do bioinsumo no cultivo de soja, que é de 15,37 kg CO₂ eq/t de soja de emissões evitadas ou 49,79 kg CO₂ eq/ha de soja. Na produção de biodiesel, o impacto ambiental é de 0,73 g CO₂eq/MJ (Tabela 4).

Aplicando essa redução no cenário de adoção proposto, obtém-se o impacto ambiental e econômico da adoção do bioinsumo Satisfos nas regras do Programa Renovavio (Tabela 5).

Observa-se que no primeiro ano a produção de soja e biodiesel é de 281,62 milhões de toneladas e 53,03 mil toneladas, respectivamente, passando para 1.408.10 milhões de toneladas de soja e 265,17 mil toneladas de biodiesel no quinto ano. O impacto ambiental desta produção é expresso na emissão de 47.080,22 t CO₂-eq (sem o uso da tecnologia) e 45.616,91 t CO₂-eq (com o uso da tecnologia) no primeiro ano. Esses valores evoluem para 235.401,11 t CO₂-eq e 228.084,53 t CO₂-eq, respectivamente, no quinto ano de adoção. Em consequência, o impacto ambiental medido em termos de emissões evitadas de CO₂-eq evolui de 1.463,32 t CO₂-eq no ano 1 atingindo 7.316,58 t CO₂-eq no ano 5. Essas emissões evitadas são passíveis de geração de CBios e comercialização na Bolsa B13. Ao preço médio de R\$ 91,82 por CBio, obtém-se o impacto econômico de R\$ 134.361,65 no primeiro ano, chegando a R\$ 671.808,25 no quinto ano 5, quando a área de adoção da tecnologia é de 434,60 mil hectares de soja e a emissão evitada corresponde a 7.356,58 t CO₂-eq.



Tabela 5 – Impacto ambiental e econômico *ex ante* da tecnologia nos termos do Programa Renovabio

Ano	Área de Adoção (ha mil)	Produção		Emissões de t CO ₂ eq		Impacto Ambiental Emissões evitadas (t CO ₂ eq)	Impacto econômico (R\$)
		Soja (t milhões)	Biodiesel (t mil) (MJ milhões)	Sem o uso da tecnologia	Com o uso da tecnologia		
1	86,92	281,62	53,03 1.998,35	47.080,22	45.616,91	1.463,32	134.361,65
2	173,84	563,24	106,07 3.996,70	94.160,44	91.233,81	2.926,63	268.723,30
3	260,76	844,86	159,10 5.995,04	141.240,67	136.850,72	4.389,95	403.084,95
4	347,68	1.126,48	212,14 7.993,40	188.320,89	182.467,62	5.853,26	537.446,60
5	434,60	1.408,10	265,17 9.991,74	235.401,11	228.084,53	7.316,58	671.808,25

Fonte: Elaborado pelos autores.



4. Conclusão

Com base nas avaliações de impactos realizadas nos tópicos anteriores, conclui-se que a solução tecnológica, em desenvolvimento conjunto pela Embrapa Agroenergia e a empresa Satis Indústria e Comércio Ltda., tem grande potencial econômico e ambiental.

Obtido com microrganismos isolados de diferentes biomas do Brasil, o bioinsumo SatisFos será capaz de melhorar a nutrição mineral das plantas, promovendo crescimento e suprimento de nutrientes, podendo ser incorporado a processos produtivos agrícolas que utilizam o fósforo como um elemento nutricional.

Constatou-se potencial de impacto econômico pela redução de custos associados ao uso de fertilizantes, que no Brasil é extremamente elevado. Verificou-se ainda a possibilidade de geração de ganhos econômicos e ambientais no âmbito do Programa RenovaBio, ao reduzir a quantidade utilizada de produtos químicos em cultivos que podem ser destinados à produção de biocombustível.

Observou-se impacto econômico de R\$248,15/ha por redução de custos com adubação mediante adoção do bioinsumo SatisFos no cultivo de soja. Se utilizado em uma área equivalente a 1% da área destinada ao cultivo de soja no Brasil, na safra 2022/2023, esse montante atinge R\$53,92 milhões. Para este mesmo nível de adoção, verificou-se que seriam evitadas as emissões de 7.316,58 t CO₂-Eq, o que permitiria um ganho econômico de R\$671.808,25 com a geração e comercialização de CBios.

Soma-se a estes benefícios econômicos e ambientais, a perspectiva de redução da dependência do Brasil em relação à importação de fertilizantes químicos, juntamente com a utilização da biodiversidade brasileira focada em sustentabilidade.

Há perspectivas para a realização de novas análises de impactos da solução tecnológica, como por exemplo, impactos na produtividade da soja e em aumento de nutrientes na planta, como o próprio P, além de N, K, Zn, Mg, dentre outros. Igualmente de interesse para estudos futuros é a estimativa de estoque de carbono pela planta, como resultado da ação dos microrganismos, ao estimular o maior crescimento e melhor qualidade nutricional da planta. Estas informações serão de grande interesse para mensurar com maior robustez, os potenciais impactos econômico e ambiental desta solução tecnológica, em alinhamento com o desenvolvimento sustentável da agricultura no Brasil.

Referências

APROSOJA. Associação de Produtores de Soja do Mato Grosso. Custos de produção para safra 2022/2023 aumentam 26,6%. Disponível em: <https://aprosojams.org.br/blog/custos-de-produ%C3%A7%C3%A3o-para-safra-20222023-aumentam-266>. Acesso em 12/12/2022.

BRASIL. Resolução N° 758, de 23 de novembro de 2018. Regulamenta a certificação da produção ou importação eficiente de biocombustíveis de que trata o art. 18 da Lei n° 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e o credenciamento de firmas inspetoras. Diário Oficial da União, 27 de nov. 2018.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Desempenho das exportações do agronegócio. 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indices-de-exportacao-do-agronegocio.aspx>. Acesso em: 12/12/2022.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra>. Acesso em: 12/12/2022.



CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Série histórica - Custos soja. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/824-soja>. Acesso em: 10/01/2023.

GLOBALFERT. Outlook Globalfert 2022. Disponível em: <https://globalfert.com.br/OGFpreEvento2022/arquivo/Outlook-GlobalFert-2022.pdf>. Acesso em 19/12/2022.

IMEA. Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. Custo de Produção. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalle?c=4&s=696277432068079616>. Acesso em: 03/01/2023.