

IMPACTOS ECONÔMICOS DO FILME BIOATIVADOR FFBR NA PRODUÇÃO E DE SOJA

Grupo de Trabalho (GT): GT04. Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade

Resumo

As análises de impacto econômico do filme bioativador FFBR na produção e comercialização de soja nos anos de 2023 e 2024 foram realizadas com as variáveis de aumento de rendimento e de redução no uso de água. As medições foram sobre os efeitos nos preços pagos e recebidos em regiões de ensaios agrônômicos, com uso de dados primários e secundários. Considerou-se os efeitos integrados no custo de produção e aumento da receita, expressando os resultados como as variações no custo de produção, aumento das margem bruta e efeito na margem de contribuição ou receita líquida. A margem média em 2024 de contribuição do filme bioativador FFBR foi de R\$1.691,37. Outras análises serão realizadas, em especial para a geração de informações úteis aos detentores da propriedade industrial deste novo bioinsumo e em apoio às tomadas de decisões, como em futuros planos de negócios da tecnologia FFBR.

Palavras-chave: bioinsumos, bioeconomia, rentabilidade, sustentabilidade, soja.

Abstract

The economic impact analyses of the FFBR bioactivator film on soybean production and marketing in 2023 and 2024 were carried out using the variables of increased yield and reduced water use. The measurements were based on the effects on prices paid and received in agronomic trial regions, using primary and secondary data. The integrated effects on production costs and increased revenue were considered, expressing the results as variations in production costs, increased gross margins, and effects on the contribution margin or net revenue. The average contribution margin of the FFBR bioactivator film in 2024 was R\$1,691.37. Other analyses will be carried out, especially to generate useful information for holders of the industrial property of this new bioinput and to support decision-making, such as in future business plans for FFBR technology.

Key words: bio inputs, bioeconomy, profitability, sustainability, soybean.

1. Introdução

Atualmente, a soja é o principal produto da agricultura brasileira, fortalecendo a posição do país como um dos players mais importantes do comércio agrícola mundial (Hirakuri et. al., 2014) contribuindo para o crescimento e desenvolvimento, não só do país, mas do mundo também. A soja, também, impulsionou e descentralizou a agroindústria nacional, patrocinando a expansão da produção de pecuária (Embrapa Soja, 2021), e ao adotar mecanismos e tecnologias que favorecem a sustentabilidade em todos os aspectos tem auxiliado na produção de alto volume e qualidade na agricultura mundial e brasileira. Por meio do avanço tecnológico e científico, a bioeconomia dos biorrecursos propõe a ampliação do uso de insumos biológicos no lugar dos não-renováveis, além da promoção da industrialização no campo. Ao redirecionar o crescimento econômico para um futuro sustentável, o que possibilita o casamento entre a

economia e a natureza, com inovações tecnológicas e novas práticas produtivas. (SOBER, 2024)

O filme obtido a partir da mistura de extrato pirolenhoso e quitosana representa uma importante medida de retirada de GEEs da fumaça de fornos de produção de carvão para a siderurgia (Campos, 2018). Do mesmo modo, a obtenção de quitosana de crustáceos comercializados também significa o aproveitamento de resíduos orgânicos de diversas cadeias produtivas, como a de camarão e até de insetos.

A quitosana sendo física e biologicamente funcional, pode ser modificada química e enzimaticamente. O respectivo filme fitoprotetor é aplicado em partes aéreas de plantas e/ou frutos e apresenta as características de estabilidade em temperaturas até 60 °C. Tem estrutura cristalina, flexível e porosa, mantém sua integridade na água e apresenta boa higroscopicidade. (Campos et al., 2012) A combinação das propriedades eliciadoras da quitosana e do extrato pirolenhoso apresenta um poderoso potencial para uso agrícola, pois a boa interação entre o polímero e o solvente facilita a formação de um filme permeável ao vapor, auxiliando na fotoproteção contra a radiação UV-B e UV-C, na ação tóxica contra fungos e na indução de resistência sistêmica em plantas (Campos et al., 2012; Porto et al., 2019).

A quitosana ativa as vias de sinalização responsivas ao estresse na planta, regulando positivamente os sistemas de defesa antioxidante e melhorando a regulação osmótica, que coletivamente mitigam o dano oxidativo e mantêm a integridade celular sob condições de estresse (Brito et al., 2025; El Hadrami et al., 2010). Estudos recentes demonstraram o potencial benéfico de um biofilme fitoprotetor (FFBR), à base de quitosana, para preservar a funcionalidade de mecanismos-chave do metabolismo vegetal, melhorando o uso da água da soja, mantendo as altas taxas de assimilação de carbono, além de aumentar a produtividade de grãos, independentemente dos ciclos das cultivares (Brito et al., 2025).

2. Material e métodos

Com base no trabalho de Campos et al. (2012), que desenvolveram uma formulação de quitosana e extrato pirolenhoso (FFBR) para uso agrícola e demonstraram sua capacidade de induzir resistência sistêmica em plantas, a pesquisa atual se concentra em explorar ainda mais os benefícios potenciais do FFBR. Este estudo tem como objetivo elucidar a eficácia de uma nova formulação no alívio dos impactos prejudiciais do déficit hídrico na fisiologia e produtividade da soja.

O experimento em casa de vegetação foi conduzido na Embrapa Clima Temperado, localizada na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, durante a safra 2022/2023, durante a fase vegetativa, com temperatura modificada, variando entre 35/22 °C e umidade relativa média de 70 %. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos variaram entre plantas bem irrigadas, plantas com déficit hídrico, com e sem o bioativador pulverizado. Um sistema de fenotipagem radicular foi construído com material comumente encontrado e de baixo custo.

No campo, em 2024, o experimento foi conduzido em Campo Mourão, Paraná, em uma estação experimental da Agroensaio Pesquisa e Consultoria Agro Ltda. As sementes foram semeadas na densidade de 16 sementes por metro, com espaçamento entre linhas de 0,50

metros, utilizando-se apenas o disco de corte do dosador de sementes. O solo foi fertilizado com 150 Kg/ha de fertilizante 2-23-23, também contando com plantas irrigadas, com déficit hídrico, com e sem o FFBR pulverizado.

Destaca-se que em ambientes com escassez de água, a capacidade dos sistemas radiculares de equilibrar o gasto de energia com a aquisição eficiente de recursos torna-se ainda mais crítica. Produtos à base de quitosana, como o FF-BR, têm mudanças na taxa assimilada líquida, eficiência intrínseca do uso da água e rendimento de grãos em condições de campo. O déficit hídrico, que pode ser resultado de distribuição/intensidade irregular de chuvas ou por irrigação deficitária, limita a produção agrícola, levando a efeitos deletérios no metabolismo das plantas e suas respostas fisiológicas (Bistgani et al., 2017, Lisei-de-Sá et al., 2017; Miller et al., 2023).

As análises de custos, receitas e de viabilidade são essenciais ao processo de conhecimento das margens de lucratividade e competitividade de uma tecnologia, produto, processo e serviço. Em geral, são muito utilizadas no apoio à tomada de decisão sobre investimentos privados ou públicos e, ainda, na orientação de políticas de fomento destinadas ao agronegócio. Este relatório apresenta os primeiros resultados de valoração monetária dos efeitos no rendimento físico e no mecanismo de poupa-insumo na cultura da soja.

Tabela 1. Ensaios regionais de experimentação do filme fitoprotetor FFBR em soja na safra 2023/2024.

Locais	Concentração do FFBR (%)	Número de Aplicações	Rendimento - Sacos/ha
Santo Ângelo-RS	1,00	1	20,00
Campo Mourão-PR	0,75	1	12,5
Campo Mourão-PR	1,00	1	8,57
Campo Mourão-PR	1,00	1	11,66
Campo Mourão-PR	1,25	1	9,99
Campo Mourão-PR	1,25	1	10,20
São Desidério-BA	1,00	3	6,20
São Desidério-BA	1,00	4	6,80
L. E. Magalhães-BA	1,00	1	5,00
L. E. Magalhães-BA	1,00	2	12,00

L. E. Magalhães-BA	1,00	4	10,00
--------------------	------	---	-------

Com base nos resultados agrônômicos desta última safra e nas informações da empresa fabricante conveniada com a Embrapa, até o momento, se destacaram dois impactos gerais. O primeiro foi o aumento no rendimento por área de soja e o segundo pela redução na necessidade de água pela planta.

As diretrizes básicas das coletas de dados e a orientação das análises seguiram autores como MONKE e PEARSON (1989), FAO (2007), LOPES et al. (2012), GUIDUCCI et al. (2013) e ÁVILA et al. (2008).

3. Resultados e discussão

O extrato pirolenhoso, quando aplicado sobre as plantas em pulverização, devido aos seus muitos compostos naturais, é facilmente absorvido. Estimula múltiplas reações metabólicas, atuando diretamente no metabolismo secundário e resultando em melhorias do controle de doenças e pragas e aumento do vigor (Mahmud et al., 2016; Grewal et al., 2018; Tiilikkala et al., 2010).

A aplicação do FFBR resultou em maior taxa de assimilação líquida durante todo o período de monitoramento, independentemente do regime hídrico. Ao comparar cultivares de soja com ciclos de maturação precoce e média, estudos recentes têm mostrado tendências distintas de desempenho na produtividade de grãos (Kumagai e Sameshima, 2014; Shahin et al., 2023). Cultivares de ciclo precoce, geralmente exibem crescimento vegetativo mais rápido e potencial de colheita mais precoce, mas sua produtividade de grãos pode ser menor em comparação com variedades de ciclo médio, conforme demonstrado em nosso estudo. As cultivares de ciclo inicial, especialmente em condições de limitação hídrica, apresentaram ganhos de rendimento particularmente pronunciados, destacando o potencial do FFBR para superar os desafios impostos pela disponibilidade hídrica abaixo do ideal.

Tabela 2. Impactos econômicos do uso do bioestimulante FFBR na cultura da soja irrigada em casa de vegetação em 2023.

	Consumo Energia - kW/ha	Custo Irrigação - R\$/ha¹	Custo Operacional Efetivo²	Custo de Produção - R\$/ha³	Produção Experimental - Sacas/ha	Receita bruta - R\$/ha⁴	Margem bruta - R\$/ha⁵
FFBR	259,2	51,84	4.235,60	6.392,89	123,65	13.601,5	9.365,9
Testemunha	864,0	172,8	4.408,40	6.513,85	112,67	12.393,7	7.985,3

¹. Custo médio de R\$0,20/kWh. O valor hora homem/ha foi considerado igual.

². Soma do COE-Custo Operacional Efetivo (=R\$4.183,76/ha) com uso do FFBR via irrigação por pivô.

³. Soma do custo de irrigação por pivô central com custo total de produção (=R\$6.341,05/ha).

⁴. Base R\$110,00/sc, de junho de 2023, FAEG, CONAB e Embrapa (2023).

⁵. Margem bruta=Receita bruta-COE.

Em casa de vegetação no ano de 2023, a diferença entre as margens de receitas antes dos impostos e depreciações foi de R\$1.380,60 por hectare de soja tratada com o bioativador FFBR. Esse valor representa aumento de 17,28% na rentabilidade, devido à redução de custo de irrigação e aumento do rendimento físico observado em condições de casa de vegetação.

Tabela 3. Impactos econômicos do uso do bioestimulante FFBR na cultura da soja irrigada em alto nível tecnológico na região do Cerrado brasileiro em 2023.

	Consumo Energia - kW/ha	Custo Irrigação - R\$/ha ¹	Custo Operacional Efetivo ²	Custo de Produção - R\$/ha ³	Produção Experimental - Sacas/ha	Receita bruta - R\$/ha ⁴	Margem bruta - R\$/ha ⁵
FFBR	259,2	51,84	4.235,60	6.392,89	110,21	12.123,10	7.887,50
Testemunha	864,0	172,8	4.408,40	6.513,85	90,69	9.975,90	5.567,50

¹. Custo médio de R\$0,20/kWh. O valor hora homem/ha foi considerado igual.

². Soma do COE-Custo Operacional Efetivo (=R\$4.183,76/ha) com uso do FFBR via irrigação por pivô.

³. Soma do custo de irrigação por pivô central com custo total de produção (=R\$6.341,05/ha + R\$172,8/ha)

⁴. Base R\$110,00/sc, de junho de 2023, FAEG, CONAB e Embrapa (2023).

⁵. Margem bruta=Receita Bruta-COE.

Neste mesmo ano, o uso do bioativador possibilitou a diferença de margem de receita de R\$2.320,00. Esta diferença corresponde à elevação de 41,67% na rentabilidade da cultura da soja, quando medida pela redução de necessidade de irrigação e aumento de rendimento da lavoura.

Tabela 4. Aumento da margem de lucro por hectare obtida via redução no custo de produção pela diminuição do uso de água e pelo aumento da receita pela elevação do rendimento de soja tratada com o estimulante FFBR em diferentes regiões brasileiras safra 2023/2024.

	Valor do Consumo Energia - R\$/kWh	Custo Irrigação - R\$/ha ¹	COE- R\$/ha ²	Custo de Produção - R\$/ha ³	Produção Experimen- tal - Sacas/ha	Receita Bruta - R\$/ha ⁴	Marge m Bruta - R\$/ha ⁵	Margem de Contribuiçã o - R\$/ha ⁶
Testemunha	0,691	597,02	6.720,65	7.966,27	90,69	11.789,70	3.823,43	-
Santo Ângelo-RS 1% 1X	0,565	341,71	6.465,34	7.710,96	106,69	13.869,70	6.158,74	2.335,31
C. Mourão-PR 0,75% 1X	0,656	396,75	6.520,38	7.766,00	103,19	13.414,70	5.648,70	1.825,28
C. Mourão-PR 1,00% 1X	0,656	396,75	6.520,38	7.766,00	99,26	12.903,80	5.137,80	1.314,38
C. Mourão-PR 1,00% 1X	0,656	396,75	6.520,38	7.766,00	102,35	13.088,40	5.322,40	1.498,98
C. Mourão-PR 1,25% 1X	0,656	396,75	6.520,38	7.766,00	100,68	13.088,40	5.322,40	1.498,98
C. Mourão-PR 1,25% 1X	0,656	396,75	6.520,38	7.766,00	100,68	13.088,40	5.322,40	1.498,98
S. Desidério-BA 1,00% 3X	0,746	451,18	6.574,81	7.820,43	97,49	12.673,70	4.853,27	1.029,84
S. Desidério-BA 1,00% 4X	0,746	451,18	6.574,81	7.820,43	112,69	14.649,70	6.829,27	3.005,84
L.E.Magalhães-BA 1,0% 1X	0,746	451,18	6.574,81	7.820,43	100,69	13.089,70	5.269,27	1.445,84
L.E.Magalhães-BA 1,0% 2X	0,746	451,18	6.574,81	7.820,43	102,69	13.349,70	5.529,27	1.705,84
L.E.Magalhães-BA 1,0% 4X	0,746	451,18	6.574,81	7.820,43	100,69	13.089,70	5.269,27	1.445,84

¹. Custo médio de R\$0,691/kWh, consumo médio de 140 ml/safra, 864 kwa/ha/safra e redução de 30% pelo uso do FFBR.

². Soma do COE-Custo Operacional Efetivo (=R\$6.123,63/ha) com uso do FFBR via irrigação por pivô.

- ³. Soma do custo de irrigação por pivô central com custo total de produção (=RS7.369,25/ha mais custo da irrigação).
- ⁴. Base R\$130,00/saco, de junho de 2024, conforme FAEG, CONAB e Embrapa.
- ⁵. Margem bruta=Receita Bruta-COE.
- ⁶. Margem de contribuição (receita líquida) = Margem Bruta do Tratamento-Margem Bruta da testemunha.

Os resultados da safra 2024 confirmaram os resultados dos aumentos de produtividade promovido pelo filme bioativador FFBR, pois se observaram aumentos de margem de lucro em todos os ensaios regionais, propiciado pelo menor gasto de água e pelo aumento dos rendimentos. Em média dos 11 ensaios em condições de campo deste ano, a margem de contribuição agregada foi de 44,24% pelo uso do filme bioativador.

4. Considerações gerais

As análises de custos, receitas e de viabilidade são essenciais ao processo de conhecimento das margens de lucratividade e competitividade de uma tecnologia, produto, processo e serviço. Em geral, são muito utilizadas no apoio à tomada de decisão sobre investimentos privados ou públicos e, ainda, na orientação de políticas de fomento destinadas ao agronegócio. Este relatório apresenta os primeiros resultados de valoração monetária dos efeitos no rendimento físico e no mecanismo de poupa-insumo na cultura da soja.

Com base nos resultados agrônômicos desta última safra e nas informações da empresa fabricante conveniada com a Embrapa, até o momento, se destacaram dois impactos gerais. O primeiro foi o aumento no rendimento por área de soja e o segundo pela redução na necessidade de água pela planta.

Nesse sentido, os valores observados nas outras atividades revelaram os acréscimos de produção por hectare e diminuição no uso de água. De maneira geral, os resultados de casa de vegetação e ensaios regionais evidenciam aumento dos rendimentos de soja. Os impactos econômicos desses aumentos foram medidos pela redução média de 30% no custo de uso de água e da elevação de receita pelo maior rendimento por área. Assim, a produtividade média foi expressa em margem de contribuição do filme bioativador FFBR, cuja média geral dos 11 ensaios de 2024 apresentou um valor médio de R\$ 1.691,37 por hectare.

Referências

- BRITO, G. G.; KLUMB, E. K.; PORTO, F.G.S.; VICINTIN, R. A.; BRITO, R. P.; CAMPOS, A. D. Chitosan-Based Bioactivator Mitigates Water Deficit Stress and Enhances Soybean Productivity. *Journal of Agricultural Science*, 17:2, 2025. 22 pág.
- CAMPOS, A. D. Processo de Coleta e Produção do Extrato Pirolenhoso para Uso Agrícola. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2018. 4 pág. (Circular Técnica, 178).
- EL HADRAMI, A., ADAM, L. R., EL HADRAMI, I.; DAAYF, F. Chitosan in plant protection. *Marine Drugs*, 8:4, 2010, pág. 968-987.
- HIRAKURI, M. H. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p. 2014. (Documentos Embrapa Soja, 349).

LIMA, J. R. F.; LIMA, M. A. C.; FALEIRO, F. G.; LIMA, C. Z.; Oportunidades e Valoração da Bioeconomia em Biomas Brasileiros. 4 pág. In: SOBER, 2024. **Anais...** 12 pág. 2024.

PORTO, F. G. DA S., CAMPOS, Â. D., & GARCIA, I. T. S.. Distilled pyroligneous liquor obtained from Eucalyptus grandis and chitosan: Physicochemical properties of the solution and films. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 26, pág. 672-683, 2019.

EMBRAPA. Soja. 25 pág. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica-da-soja>. Acessado em: 07 abr 2025.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. Custos de Produção 2025: Barreiras-BA. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/824-soja>. Acessado em: 07 abr. 2025.

MAHMUD, K. N.; YAHAYU, M.; SARIP, S.H.MD.; NURUL, H. R.; MIN, B.; MUSTAFA, N. F.; NGADIRAN, S.; UJANG, S.; ZAKARIA, Z. A. Evaluation on Efficiency of Pyroligneous Acid from Palm Kernel Shell as Antifungal and Solid Pineapple Biomass as Antibacterial and Plant Growth Promoter. *Sains Malaysiana*, v. 45, n. 10, p. 1423-1434, 2016.

TIILIKKALA, K.; FAGERNÄS, L.; TIILIKKALA, J. History and Use of Wood Pyrolysis Liquids as Biocide and Plant Protection Product. *The Open Agriculture Journal*, v. 4, p. 111-118, 2010.

GREWAL, A.; ABBEY, L.; GUNUPURU, L. R. Production, prospects and potential application of pyroligneous acid in agriculture. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 135, p. 152-159, 2018.

CAMPOS, A. D.; UENO, B.; GOMES, C. B.; PORTO, F. G. DA S.; ANTUNES, I. F.; GARCIA, R. T. S.; PEREIRA, J. F. M.; CASTRO, L. A. S. DE; SCIVITTARO, W. B. Processo de obtenção de formulação com capacidade fertilizante e fitoprotetora, formulação com capacidade fertilizante e fitoprotetora, uso da formulação com capacidade fertilizante e fitoprotetora.

LISEI-DE-SÁ, M. E., ARRAES, F. B. M., BRITO, G. G., BENEVENTI, M. A., LOURENÇO-TESSUTTI, I. T., BASSO, A. M. M., GROSSI-DE-SA, M. F. AtDREB2A-CA influences root architecture and increases drought tolerance in transgenic cotton. *Agricultural Sciences*, 8(10), 2017.

MILLER, D. L., WOLF, S., FISHER, J. B., ZAITCHIK, B. F., XIAO, J., & KEENAN, T. F. Increased photosynthesis during spring drought in energy-limited ecosystems. *Nature Communications*, 14, Article 7828, 2023. (21) BR 10 2012 033149-7 A2. (22) Data de Depósito: 26/12/2012, (43) Data da Publicação: 05/0B/2014. Registered at Instituto Nacional de Propriedade Intelectual in Brazil

(PCT/ BR2013/000597), In United States (US20150336854 A1) and in Germany (DE112013006230T5). Concessão: 2012.

LOPES, M. de R.; BELARMINO, L. C.; OLIVEIRA, A. J.; LIMA FILHO, J. R.; TORRES, D. R. P.; TALAMINI, D. J. D.; MARTINS, F. M. Matriz de Análise de Política. Metodologia e Análise. Brasília-DF, Embrapa, 2012. 227 páginas.

MONKE, E.; PEARSON, S. R. The Policy Analysis Matrix for Agricultural Development. Ithaca, Cornell University Press, 1989. 279 p.

FAO. Competitividad de la agricultura en América Latina y Caribe. Matriz de Análisis de Política: Ejercicios de Cómputo. FAO-RLC, Santiago de Chile, 2007. 112 p. Disponível em: <<http://www.rlc.fao.org/uploads/media/map.pdf>>. Acessado em: 19 de set de 2009.

ÁVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G.S; VEDOVOTO, G. L. (Eds.). Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa. Metodologia de referência. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 189 pág.

GUIDUCCI, R. do C. N.; LIMA FILHO, J. R.; MOTA, M. M. Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários. Metodologia e estudos de caso. Brasília-DF, Embrapa, 2013. 535 p.