

Planaltina, DF / Abril, 2024

Aspectos econômicos da
produção de soja com o
uso de remineralizadores e
bioinsumos no Cerrado



Embrapa

Cerrados

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura e Pecuária**

ISSN 1517-5111 / e-ISSN 2176-5081

Documentos 410

Abril, 2024

Aspectos econômicos da produção de
soja com o uso de remineralizadores
e bioinsumos no Cerrado

*Giuliano Marchi
Julio César dos Reis
Sebastião Pedro da Silva Neto
Cícero Donizete Pereira*

Embrapa Cerrados
*Planaltina, DF
2024*

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
www.embrapa.br/cerrados
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Lineu Neiva Rodrigues

Secretário-executivo
Gustavo José Braga

Membros
Alessandra Silva Gelape Faleiro,
Edson Eyji Sano, Fábio Gelape Faleiro,
Jussara Flores de Oliveira Arbues,
Kleberson Worsley Souza e
Ranyse Barbosa Quirino da Silva

Edição executiva e revisão de texto
Jussara Flores O. Arbues

Normalização bibliográfica
Marilaine Schaum Pelufe (CRB-1/2045)

Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio

Diagramação
Jussara Flores O. Arbues

Foto da capa
João Paulo Guimarães Soares

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

A839 Aspectos econômicos da produção de soja com o uso de remineralizadores e bioinsumos no Cerrado / Giuliano Marchi... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2024.

34 p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111/e-ISSN 2176-5081, 410).

1. Fertilizante. 2. Insumo biológico. 3. Bioinsumo. 4. Remineralizador. 5. Economia da Produção. 6. Soja. 7. Cerrado. I. Marchi, Giuliano. II. Reis, Júlio César dos. III. Silva Neto, Sebastião Pedro da. IV. Pereira, Cícero Donizete. V. Embrapa Cerrados. VI. Série.

CDD (22. ed.) – 631.8

Fábio Lima Cordeiro (CRB-1/1763)

©2024 Embrapa

Autores

Giuliano Marchi

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Julio César dos Reis

Economista, doutor em Desenvolvimento Sustentável, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Sebastião Pedro da Silva Neto

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Biotecnologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Cícero Donizete Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Bioquímica, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

Agradecemos ao engenheiro-agrônomo Alexandro Alves dos Santos, coordenador técnico do Instituto para o Fortalecimento da Agropecuária de Goiás, pela disponibilização dos dados de custo de produção elaborados pela instituição.

Apresentação

O presente trabalho teve início a partir do projeto de avaliação da adoção da tecnologia de remineralizadores e bioinsumos pelos agricultores produtores de soja e milho safrinha do Cerrado. Em 2020, os pesquisadores da Embrapa Cerrados realizaram viagens pelo Sudoeste Goiano e observaram as tecnologias que os agricultores utilizavam nas áreas de produção, notadamente o uso de remineralizadores de solos e de bioinsumos. A viabilidade técnica de uma tecnologia está intrinsecamente ligada à sua viabilidade econômica. A adoção de uma determinada tecnologia não apenas demonstra sua viabilidade técnica, mas também sua viabilidade econômica.

Pautado em dados do Instituto para o Fortalecimento da Agropecuária de Goiás (Ifag), coletados de maneira independente da equipe responsável pela elaboração deste trabalho, este estudo visa aprofundar o entendimento sobre o impacto dos remineralizadores e dos bioinsumos na redução dos custos de produção da soja convencional. A rentabilidade da cultura da soja é diretamente influenciada pelos custos de produção associados. Assim, além de buscar o aumento da produtividade agrícola, o propósito desta pesquisa é contribuir para a redução dos custos de produção, visando incrementar os lucros dos agricultores e fomentar a produção nacional. Os resultados obtidos estão alinhados com a necessidade de desenvolvimento de fontes regionais de nutrientes mais acessíveis economicamente para os produtores, bem como com a redução da dependência externa do Brasil em relação à importação de fertilizantes.

Sebastião Pedro da Silva Neto
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução	11
Sudoeste goiano: observações da equipe de pesquisa da Embrapa Cerrados	15
Viabilidade econômica da cultura da soja no estado de Goiás de janeiro de 2019 a dezembro de 2022	19
Análise de sensibilidade	28
Referências	30

Introdução

As Nações Unidas preveem o crescimento da população mundial para 9,8 bilhões até 2050. Estima-se que esse crescimento populacional possa exigir um aumento na produção de alimentos em cerca de 70% (FAO, 2017). Nesse contexto, o Brasil desempenha papel fundamental, por ser um dos maiores produtores de alimentos do mundo (Martins et al., 2015; Santana et al., 2020).

No Brasil, especialmente no Cerrado, as culturas da soja e do milho despontam como as principais commodities do agronegócio. Isso se deve, em grande parte, à sua versatilidade de utilização, abrangendo desde o uso na alimentação animal até a inserção em setores de alta tecnologia da indústria. Por serem espécies exigentes em nutrientes, os sistemas de cultivo convencional dessas duas culturas são altamente dependentes de fertilizantes solúveis e do intenso uso de defensivos para controle de plantas daninhas, pragas e doenças. Esses insumos constituem a maior parcela do custo de produção da cultura (Ferreira et al., 2015).

O Brasil ocupa a quarta posição no ranking mundial de consumo de fertilizantes nitrogenados, potássicos e fosfatados, ficando atrás apenas da China, Índia e EUA, absorvendo aproximadamente de 6,5 a 8% da produção global (Flynn; Smith, 2010). Em 2019, as vendas de fertilizantes no país totalizaram 36,2 milhões de toneladas (Melo, 2021), e desde o início de 2021, os custos de aquisição desses insumos registraram um aumento significativo (AMA, 2021). Os elevados valores financeiros para aquisição de fertilizantes aumentam significativamente a necessidade de capital pelos agricultores. Para adquirir fertilizantes, os agricultores geralmente têm três opções: utilizar recursos próprios, o que normalmente resulta em desconto e um prazo de 30 dias para o pagamento; recorrer a empréstimos financeiros, os quais frequentemente têm uma taxa de juros entre 0,75 e 1,5% ao mês e são quitados na época da colheita; ou participar de operações de troca de insumos (operação barter), em que o custo do capital é incorporado ao preço do insumo, sem a concessão de descontos.

Enquanto o consumo interno de fertilizantes cresce ano após ano, as limitações para reduzir a dependência de matéria-prima externa aumentam com projeções de aumento da dependência das importações (Cella; Rossi, 2010). Os investimentos planejados para a produção de fertilizantes nos próximos anos serão capazes de reduzir a dependência externa, porém ainda insuficientes para suprir o mercado nacional (Costa; Silva, 2012). Isso ressalta a importância crítica do uso de fertilizantes químicos no contexto econômico nacional, uma vez que a produção interna de fertilizantes NPK está consideravelmente aquém da demanda doméstica, alcançando 30% em 2018 (Pereira, 2018). O aumento no consumo de fertilizantes fica claro quando analisamos os últimos 30 anos, nos quais, o uso de adubos químicos nas lavouras do país cresceu 450%, enquanto a média mundial não passou de 50% (AMA, 2021). Com o aumento da demanda mundial e influência da variação do câmbio, como ocorre com qualquer commodity, o preço dos fertilizantes no país sofre grande variação ao longo do ano e exige planejamento do agricultor para sua aquisição, pois a variação de preços entre o melhor e pior momento pode ser muito alta durante o ano.

Além da questão econômica, o uso muito acima das doses recomendadas de fertilizantes solúveis pode afetar negativamente a qualidade biológica do solo e aumentar a poluição do ar, de rios e nascentes, resultando em impactos ambientais negativos pela emissão de gases e eutrofização, podendo afetar a segurança alimentar para o consumidor final (Trabaquini et al., 2017).

Portanto, o uso da rochagem a partir de remineralizadores de solos e de fertilizantes derivados de rochas silicáticas pode ser uma boa alternativa para reduzir a dependência externa do Brasil pela busca de fontes de nutrientes mais acessíveis e de menor custo para os produtores. A rochagem é baseada na utilização de rochas e/ou minerais como fornecedores de nutrientes necessários para as plantas (Leonardos et al., 1976), procurando combinar a mineralogia e química da rocha selecionada com as exigências do solo e das plantas (Souza, 2014). Além de reduzir o uso dos insumos químicos, dependendo do

material utilizado, esse processo pode ter um papel importante no rejuvenescimento ou remineralização do solo, pois altera positivamente os atributos de fertilidade (Görge et al., 2011; Camargo et al., 2012; Toscani; Campos, 2017)..

Nesse sentido, em 2022, o governo lançou o Plano Nacional de Fertilizantes (Brasil, 2022a), conhecido como PNF-2050, que tem como objetivo principal a redução da dependência de fontes de nutrientes importadas até o ano de 2050. Entre as estratégias está o desenvolvimento das cadeias emergentes, que inclui os remineralizadores, os bioinsumos e a nanotecnologia. Entre 2019 e 2022, a cadeia dos remineralizadores representou um consumo de mais de 7 milhões de toneladas, aplicadas em mais de 5 milhões de hectares (Brasil, 2022b). O PNF-2050 prevê o consumo anual de 75 milhões de toneladas, contrastando com o consumo total de cerca de 3 milhões de toneladas registrado em 2022 (Brasil, 2022a). A cadeia emergente dos remineralizadores ainda está em estágio inicial, o que pode ser atribuído à regulamentação recente pela Lei nº 12.890, que define os remineralizadores (Brasil, 2013), e pela Instrução Normativa nº 05 de 2016, que estabelece os critérios para registro e fiscalização desses insumos (Brasil, 2016).

Por sua vez, os bioinsumos abrangem desde sementes, fertilizantes, produtos para nutrição vegetal e animal, extratos vegetais, defensivos feitos a partir de micro-organismos benéficos para controle de pragas e doenças, até produtos homeopáticos ou tecnologias que têm ativos biológicos na composição (Brasil, 2020b).

Os insumos biológicos são a nova fronteira de expansão para os sistemas produtivos brasileiros (Vidal et al., 2020) e, à medida que consumidores, reguladores e agricultores pressionam por métodos de produção de alimentos mais sustentáveis, o mercado de bioinsumos nacional vem crescendo ao longo dos anos. Em termos econômicos, estima-se que o mercado mundial de bioinsumos cresça 74% nos próximos 4 anos e que o mercado de insumos biológicos deva valer US\$ 18,5 bilhões até 2026 (Gottens, 2022). Por outro lado, os bioinsumos ainda carecem de regulamentação, que ainda está em discussão no Congresso Nacional.

Para atender à crescente demanda mundial por produtos agrícolas, é necessário aumentar a produção de grãos e fibras de maneira mais racional, ao mesmo tempo em que se protege, recupera e promove o uso sustentável dos recursos naturais (Martins et al., 2015). Assim, em várias regiões do mundo, já se desenvolvem políticas que visam à redução e substituição de defensivos agrícolas sintéticos por métodos mais sustentáveis de controle de pragas, combinando ganho em sustentabilidade para todos os tipos de agricultura e métodos de manejo de pragas (Van Lenteren, 2018).

A preocupação por parte dos consumidores com questões ambientais, em especial de países compradores de produtos brasileiros, tem sido um fator decisivo para que os produtores procurem por alternativas biológicas, visando à redução do número de aplicações dos defensivos tradicionais. Tudo isso estimula o desenvolvimento e a adoção de tecnologias voltadas para a sustentabilidade, possibilitando a criação de sistemas agropecuários mais eficientes (Hungria et al., 2013; Sá et al., 2017). Esses sistemas não apenas contribuem para a segurança alimentar, mas também promovem a conservação da biodiversidade. Assim, o uso de remineralizadores e bioinsumos, seja como substitutos totais, seja parciais dos fertilizantes e defensivos químicos, emerge como uma tendência mundial que tem ganhado destaque nos últimos anos. Nesse sentido, em maio de 2020, foi instituído o Programa Nacional de Bioinsumos, que tem a finalidade de ampliar e fortalecer a utilização de bioinsumos no país para beneficiar o setor agropecuário (Brasil, 2020a).

Diante desse cenário, o desenvolvimento e a adoção de estratégias de produção agrícola mais sustentáveis, economicamente viáveis, ambientalmente amigáveis e poupadoras de energia não renovável são imprescindíveis. O uso de remineralizadores e de bioinsumos nos agrossistemas são tecnologias que precisam ser atendidas pela pesquisa para que o Brasil não só continue sendo um dos líderes mundiais na produção de alimentos, mas também tenha foco na qualidade alimentar e ambiental.

Sudoeste goiano: observações da equipe de pesquisa da Embrapa Cerrados

Durante uma das viagens de coleta de dados realizada pela equipe da Embrapa Cerrados, no âmbito do projeto de adoção da tecnologia de remineralizadores e bioinsumos por agricultores produtores de soja e milho safrinha, foram observadas técnicas de cultivo pouco comuns em larga escala para a produção de soja. Por exemplo, em Mineiros, GO, na proximidade do Parque Nacional das Emas, uma plantação de soja orgânica de 400 ha, utilizando remineralizadores e bioinsumos, alcançou uma produtividade média de 60 sacas (de 60 kg) por hectare. Além disso, em Rio Verde, onde uma área de 3 mil hectares foi cultivada com soja, notou-se que a integração com a pecuária permitiu que a fertilização da plantação fosse totalmente suprida pela adição de esterco bovino, eliminando o uso de fertilizantes minerais solúveis e utilizando bioinsumos. Esse sistema baseado no princípio da economia circular tem a vantagem de reter os insumos na propriedade, o que resulta em economia de transporte e redução do pagamento de impostos.

Em várias propriedades visitadas, os agricultores optaram por substituir a aplicação de fertilizante potássico solúvel por rochas moídas. Nessas propriedades, foram observadas áreas de produção de soja que passaram de 3 a 5 anos sem receber adição de fertilizante potássico solúvel. Além disso, em algumas dessas propriedades, os agricultores conduziram ensaios de teste para comparação, nos quais, em certos casos, os formulários de avaliação preenchidos pela equipe destacaram as vantagens do uso de remineralizadores em relação ao cultivo exclusivo com fertilizante potássico solúvel.

O uso de bioinsumos tornou-se uma prática comum em muitas propriedades agrícolas, onde os agricultores têm relatado sucesso no controle de pragas, doenças e no aumento da produtividade das culturas. Recentemente, houve um aumento significativo na adoção de bioinsumos com a entrada de empresas privadas nesse mercado.

Essas empresas oferecem uma variedade de produtos para finalidades específicas, como controle de insetos, fungos e nematoides, estimuladores para aumentar a disponibilidade de nutrientes e atividade microbológica, além de promotores de crescimento de plantas, entre outros.

A produção desses bioinsumos na própria fazenda, com padrão industrial, tornou-se uma realidade viável, graças à participação de empresas especializadas que fornecem equipamentos, insumos e assistência técnica. Esse desenvolvimento tem o potencial de resultar em reduções significativas nos custos de produção desses insumos para grandes áreas agrícolas.

O uso de remineralizadores e bioinsumos tem sido associado ao desaparecimento de áreas de baixa produtividade nas propriedades agrícolas, resultando em uma distribuição mais uniforme da produção. Além disso, a combinação desses sistemas com o cultivo de plantas de cobertura durante a entressafra tem como objetivo implementar práticas de manejo que promovam a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Embora nem sempre resultem em altas produtividades, os agricultores destacam que essas técnicas melhoram a qualidade ambiental e do alimento produzido. Isso é alcançado por meio da redução do uso de pesticidas, o que minimiza os impactos sobre a biologia do sistema agrícola e do ambiente circundante, incluindo a água subterrânea, a flora e a fauna das áreas adjacentes.

Do ponto de vista estritamente do mercado, em que a competição é acirrada e os baixos custos de produção são essenciais para a obtenção de lucro, a resiliência do sistema de produção desempenha um papel crucial. Quanto mais resiliente o sistema, maior é a sua capacidade de resistir a pragas, doenças e intempéries, resultando em melhorias na qualidade do solo e uma maior produtividade a longo prazo.

Muitos agricultores têm percebido que o uso de remineralizadores e bioinsumos pode diminuir seus custos de produção e proporcionar lucros superiores ao método convencional. Mesmo em casos em que a produtividade é ligeiramente menor, esses agricultores têm alcançado resultados financeiros positivos. Gradualmente, eles estão reconhecendo a importância de alinhar a produtividade e o lucro com

a sustentabilidade, especialmente diante da crescente demanda por qualidade do produto e preservação ambiental por parte dos importadores de grãos.

Nos últimos anos, tem-se observado um aumento na adoção do uso de remineralizadores pelos produtores, embora ainda não haja recomendação oficial para o uso dessas fontes. A viabilidade de utilização de diferentes tipos de rochas ainda carece de estudos por parte da pesquisa, que precisa decodificar esse conhecimento, enquanto o processo de adoção já está em andamento. No entanto, essa tendência de adoção sugere que os agricultores estão experimentando os benefícios anteriormente mencionados, uma vez que não investiriam em uma tecnologia sem retorno em um setor que cresce cerca de 30% ao ano no Brasil. Atualmente, existem 65 remineralizadores registrados no Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) (Brasil, 2023), mas há potencial para pelo menos 600 produtos (Brasil, 2022a).

Os bioinsumos sempre foram bastante empregados em propriedades agrícolas, particularmente na agricultura familiar e naquelas em que a agroecologia ou a agricultura orgânica são adotadas, ou mesmo em grandes propriedades, em larga escala, como no caso da fixação biológica de nitrogênio, a qual é amplamente empregada na cultura da soja. No entanto, com a industrialização desses produtos, seu uso está em expansão no mundo e, no Brasil, não é diferente.

O papel da pesquisa não deve ser pautado por crenças ou desconfiças. Principalmente diante da atual situação do uso de remineralizadores e bioinsumos, sua função primordial deve ser a de avaliar objetivamente a produtividade e a qualidade dos produtos gerados. Isso inclui disponibilizar novos indicadores de melhoria dos solos em experimentos controlados e analisar sua viabilidade econômica, levando em consideração todos os benefícios trazidos por essas tecnologias. Simultaneamente, é crucial compreender os processos que ocorrem no sistema com cada produto utilizado.

A demanda por práticas de manejo sustentável com o uso de remineralizadores e bioinsumos deve ser traduzida em instruções práticas embasadas no conhecimento gerado pela pesquisa e normatizadas em escala regional. Enquanto a pesquisa busca alcançar esses resultados, evidências e observações de resultados promissores

podem ser obtidas diretamente do campo por meio da experiência dos agricultores.

A avaliação de estudos econômicos que envolvem dados de produção e produtividade de lavouras que utilizam tecnologias ainda não comprovadas pode ser considerada perigosa, pois os resultados podem estar de certa forma enviesados. No estudo dos remineralizadores, por exemplo, os resultados econômicos positivos poderiam estar relacionados ao poder residual de fertilizantes que sobraram de cultivos anteriores, como resíduos de KCl que restaram no solo ou de restos culturais que se degradaram e liberaram nutrientes. Dessa forma, esses resultados não seriam sustentáveis a longo prazo, uma vez que, assim que os resíduos de fertilizantes ou restos culturais fossem absorvidos pelas novas culturas e retirados da área, não restaria muito para as culturas subseqüentes.

Dessa forma, mesmo que o presente estudo apresente dados de 4 anos de produção com remineralizadores, que aparentemente apresentam produção sustentável, é preciso ter cautela na avaliação desses dados. A observação econômica e de produtividade das lavouras que utilizam remineralizadores deve continuar, para se obter um estudo a longo prazo. Ao mesmo tempo, estudos com remineralizadores vêm sendo produzidos pelas instituições de pesquisa (Soratto et al., 2021, 2022; Almeida et al., 2022; Crusciol et al., 2022; Luchese et al., 2023) de forma a comprovar que esses produtos são capazes de suprir nutrientes, melhorar a qualidade do solo e dos produtos colhidos, verificando se contribuem para o aumento da resistência ao ataque de pragas e doenças de plantas cultivadas e, até mesmo, se são capazes de aumentar o sequestro de carbono da atmosfera no solo tratado com remineralizadores.

O presente estudo econômico tem como objetivo apresentar uma visão dos resultados econômicos obtidos até o momento em lavouras de produção de soja no estado de Goiás. Este estudo será continuamente atualizado, assim como as pesquisas para validar os remineralizadores e bioinsumos serão conduzidas. É fundamental que esses trabalhos de pesquisa econômica e de validação da tecnologia sejam acompanhados conjuntamente para embasar qualquer tomada de decisão futura.

Viabilidade econômica da cultura da soja no estado de Goiás de janeiro de 2019 a dezembro de 2022

Apesar do aumento do preço das commodities, como soja e milho, a partir de maio de 2020, a redução do custo de produção é crucial para maximizar o lucro. Isso ocorre porque, dependendo do custo de produção e da produtividade por hectare, muitas vezes ocorrem prejuízos, conforme indicam dados médios de produtores do estado de Goiás, levantados pelo IFAG (IFAG, 2021). No entanto, não se deve contar sempre com o preço da soja mantendo-se em níveis elevados, como ocorreu em 2021. Pelo contrário, é esperado que no futuro ocorram novamente cenários com preços baixos, semelhantes aos observados de 2016 a 2019, dentro do ciclo das commodities. Portanto, diante dessa possibilidade e da necessidade de maximizar o lucro, é fundamental buscar maneiras de reduzir os custos, especialmente nas propriedades que apresentam produção abaixo da média.

As informações sobre as práticas de manejo adotadas, bem como as tecnologias utilizadas na formação dos custos, foram coletadas pelo IFAG por meio de painéis de eventos, visitas diretas a propriedades agrícolas e ligações telefônicas, contando com a participação de técnicos e produtores. Durante o período investigado (IFAG, 2021), atualizado pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) até dezembro de 2022 (Figura 1), para produtividades médias muito semelhantes (56,5 e 57,5 sacas de soja por hectare produzida com o uso de remineralizadores e bioinsumos e a soja convencional, respectivamente), os agricultores que optaram por produzir soja utilizando remineralizadores e bioinsumos alcançaram uma rentabilidade média de R\$ 2.434,50 por hectare, enquanto aqueles que optaram pelo cultivo convencional obtiveram R\$ 381,50 por hectare. A rentabilidade foi calculada como a receita bruta esperada menos o custo total, incluindo depreciação de máquinas, benfeitorias e implementos, remuneração esperada sobre o capital fixo (3,5% do capital) e remuneração da terra (arrendamento, com variação no período de 10 a 13 sacas de soja por hectare).

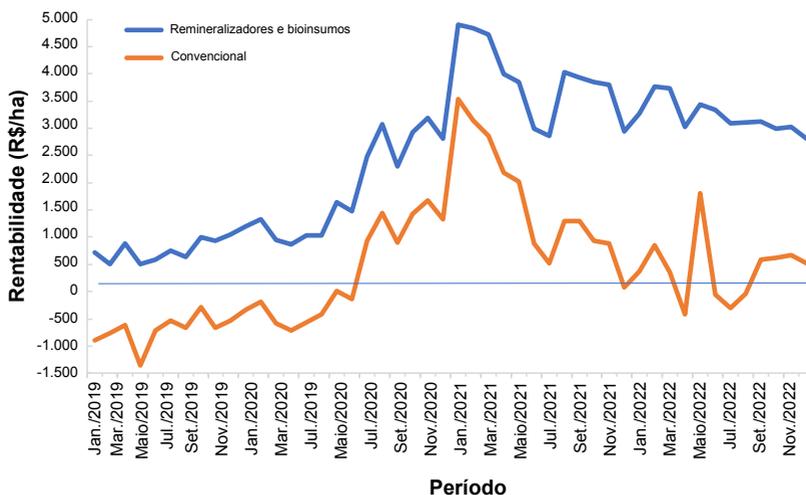


Figura 1. Rentabilidade da cultura da soja de janeiro de 2019 a dezembro de 2022, a partir de dados de custo de produção, em terra própria, declarados por agricultores com alto nível tecnológico, do estado de Goiás, em levantamento realizado pelo IFAG (2021), em valores atualizados pelo IPCA⁽¹⁾.

Considerando os custos médios de produção levantados pelo IFAG (2021), atualizados pelo IPCA, o preço de venda esperado da soja desempenha um papel fundamental na determinação do lucro ou prejuízo na produção de soja. Para a soja produzida utilizando remineralizadores e bioinsumos, o preço médio mínimo calculado para que o agricultor atinja o ponto de equilíbrio, ou seja, nem tenha prejuízo nem lucro, foi de R\$ 100,08 por saca. Já para o cultivo convencional, esse valor foi de R\$ 137,62 por saca, em safras com produção média de 56,50 e 57,50 sacas por hectare, respectivamente. Portanto, o uso de remineralizadores e bioinsumos proporciona ao agricultor uma maior segurança financeira durante épocas em que o preço da

¹ Para mais detalhes acerca da metodologia utilizada para se calcular os valores de todos os gráficos deste trabalho, acesse o site do IFAG (<http://ifag.org.br/>).

soja está mais baixo, e também oferece maior lucratividade em comparação com o cultivo convencional, desde que o preço médio de venda da soja seja superior a R\$ 100,08 por saca.

Apesar disso, durante o período analisado, o preço médio mais baixo da soja vendida pelos agricultores que utilizaram remineralizadores e bioinsumos ocorreu em maio de 2019, alcançando R\$ 83,06 por saca de soja. Nesse mês, eles conseguiram obter um lucro médio de R\$ 586,47 por hectare, considerando as condições de custo de produção da época. Enquanto isso, para a soja convencional, o preço mais baixo foi registrado em julho de 2019, atingindo R\$ 88,84 por saca, resultando em um prejuízo médio de R\$ 664,63 por hectare.

Do ponto de vista da produtividade, no ponto de equilíbrio financeiro, com base no valor médio durante todo o período, de R\$ 144,26 por saca, a quantidade de sacas por hectare foi de 54,85 no sistema convencional, enquanto com o uso de remineralizadores e bioinsumos foi de 39,49 sacas por hectare, com um preço médio durante todo o período de R\$ 143,17. Esse fato demonstra uma maior segurança financeira para o agricultor em anos em que a produtividade da lavoura é baixa. A soja cultivada com remineralizadores e bioinsumos proporcionou uma remuneração do capital total investido (terra + depreciação + custos operacionais totais – COT) com uma média durante todo o período estudado de 43,05%, atingindo um mínimo de 12,48% em abril de 2019 e um máximo de 82,21% em fevereiro de 2021. Já para a soja cultivada no sistema convencional, a média foi de 4,82%, com um mínimo de -21,16% em abril de 2019 e um máximo de 45,87% em janeiro de 2021.

Com base nesses resultados, pode-se afirmar que a diferença na rentabilidade entre as duas formas de produção de soja está principalmente relacionada aos custos de produção. A diferença mais evidente entre os sistemas de produção é o custo operacional efetivo (COE) das etapas de pré-plantio, plantio e condução da lavoura (Figura 2, Tabela 1). Em comparação entre os dois sistemas, as etapas de pré-plantio, plantio e condução da lavoura representam um aumento médio nos custos de 157,5, 134,8 e 83,1%, respectivamente, no sistema convencional em relação ao sistema com o uso de remineralizadores e bioinsumos. Em geral, o COE médio aumenta 69% entre os dois sistemas.

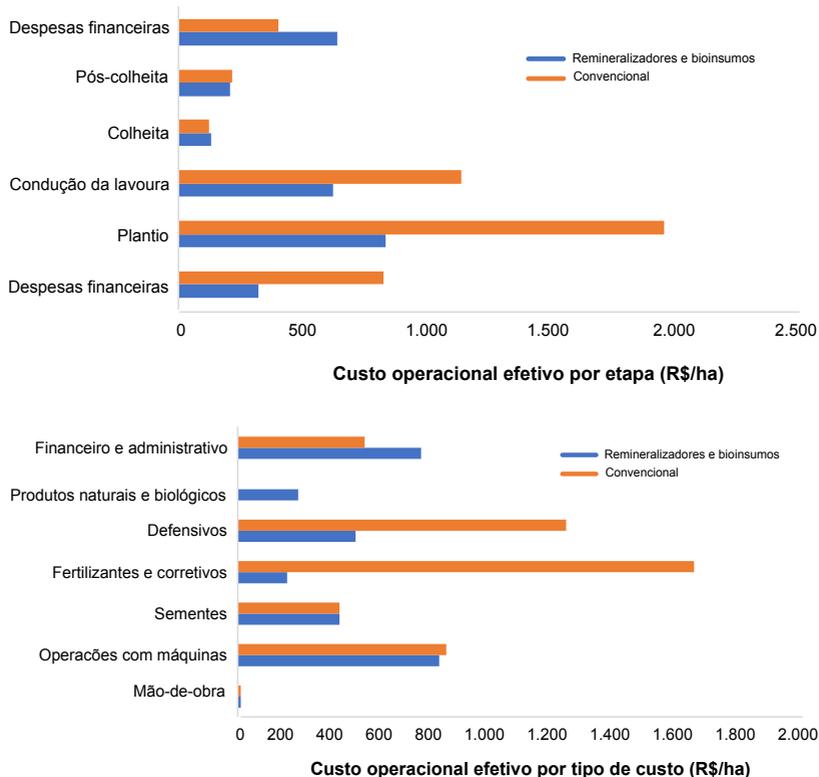


Figura 2. Custo operacional efetivo médio da cultura da soja de janeiro de 2019 a dezembro de 2022, a partir de dados de custo de produção, em terra própria, declarados por agricultores com alto nível tecnológico, do estado de Goiás, em levantamento realizado pelo IFAG (2021), em valores atualizados pelo IPCA.

Tabela 1. Descrição das operações de pré-plantio, plantio e colheita da cultura da soja partir de dados declarados por agricultores com alto nível tecnológico, do estado de Goiás, em levantamento realizado pelo IFAG (2021)⁽¹⁾.

Etapa	Convencional	Remineralizador e bioinsumo
Pré-plantio		
Operação com máquinas	Trator 105 hp + Calciador	Trator 105 hp + Adubadora
	Trator 105 hp + Adubadora	
	Pulverizador Autopropelido	Pulverizador autopropelido
Mão de obra permanente	Auxiliar na Aplicação de Corretivos	Auxiliar de pulverização
	Auxiliar de pulverização	Auxiliar de aplicação de fertilizantes
Corretivos e Fertilizantes	Calcário (rateado 3 anos)	Pó de Rocha (Micaxisto) ⁽²⁾
	Gesso Agrícola	Fosfato Natural Reativo (Arraias) ⁽¹⁾
	Cloreto de Potássio	Octaborato
Defensivos Agrícolas	2,4D	Glifosato
	Acefato	Ácido Pirolenhoso
	Aureo (adjuvante)	Imazetapir
	Roundup Original	Haloxifope-P-Metilico
Plantio		
Operação com máquinas Mão de obra permanente	Trator 220 hp + Plantadora	Trator 220 hp + Plantadora
	Auxiliar para tratamento de sementes	Auxiliar para tratamento de sementes
	Auxiliar para plantio	Auxiliar para plantio
Fertilizante	Fomulado NPK 04.30.10 + FTE	
Biológicos		Inoculante <i>Bradyrhizobium</i>
		<i>Azospirillum brasiliense</i>
		<i>Bacillus thuringiensis</i>
		<i>Bacillus thuringiensis</i> aizaway
		<i>Trichoderma harzianum</i>
Semente	Semente convencional	Semente convencional (sem tratamento)
Tratamento de semente	Inoculante	Comunidade de bactérias
	Cruiser 350	Aminoácidos orgânicos
	Maxin	

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Etapa	Convencional	Remineralizador e bioinsumo
Condução da lavoura		
Operação com máquinas	Pulverizador autopropelido	Pulverizador autopropelido
	Avião pulverizador	Avião pulverizador
Mão-de-obra permanente	Auxiliar de pulverização	Auxiliar de pulverização
Herbicida	Acert	Glifosato
	Verdict	Imazetapir
	Vezir	Propaquizafope
	Poquer	Ácido Pirolenhoso
Inseticida	Acefato (2x)	<i>Bacillus thuringiensis</i> kurstaki (5x)
	Engeo Pleno	<i>Bacillus thuringiensis</i> azaway (5x)
	Pyrinex 480 (2x)	Tiametoxan + Lambda-Cialotrina
	Nomolt (2x)	<i>Azospirillum brasiliense</i> (5x) Comunidade de bactérias / Biofermentados
Fungicida	Azimut (2x)	Calda bordalesa (2x)
		Bacillus subtilis
		Bacillus pumilus
		Azoxystrobin + Cyproconazole
		Calda sulfocálcica
Espalhante adesivo	Nimbus (2x)	
Fertilizante	Foliar (Mn+S+Zn)	

(1) Os produtos e manejo apresentados acima foram compilados do site do IFAG (<http://ifag.org.br/>), frequentemente utilizados pelos produtores de soja do estado de Goiás e não representam, necessariamente, recomendações de uso desses produtos pela Embrapa.

(2) Rateado 5 anos.

Dentro das etapas, o COE visto pelo prisma do tipo de custo mostra que o uso de fertilizantes, corretivos e defensivos se destaca em termos de aumento de custos no sistema convencional em relação ao uso de remineralizadores e bioinsumos (Figuras 2 e 3). Em média, o custo com fertilizantes e corretivos registrou um aumento 822,14% maior no sistema convencional. A valorização do dólar frente ao real sustentou os preços dos fertilizantes no mercado brasileiro no primeiro trimestre de 2020, apesar da menor movimentação típica deste período, agravada pela Covid-19. O volume importado de fertilizantes caiu 4% em relação ao mesmo período de 2019, e essa desaceleração pode ser atribuída às incertezas causadas pela pandemia (Almeida; Volotão, 2020). Em média, durante o período estudado, o custo do sistema convencional foi 39,9% maior do que aquele com o uso de remineralizadores e bioinsumos (Figura 4; Tabela 1). Também se observa que com o aumento no preço da soja, os preços dos insumos para produção se tornam mais elevados, como ocorreu nos meses de janeiro a março de 2022, quando o custo dos fertilizantes aumentou 18,16%, enquanto o dos defensivos subiu 3,7% (Figura 3). Espera-se também que o custo de aquisição de remineralizadores se torne mais elevado à medida que a demanda pelo produto aumente e ele se torne mais escasso no mercado. No entanto, com base nos resultados apresentados, apesar das barreiras de conhecimento científico, é muito mais vantajoso para o Brasil utilizar remineralizadores (considerando a viabilidade técnico-econômica: preço e transporte) do que utilizar fertilizantes importados. É importante ressaltar que o custo operacional calculado nas Figuras 2, 3 e 4 inclui o transporte de remineralizadores em um caminhão de 23 t por uma distância de 30 km, aplicado uma vez a cada 5 anos.

A margem líquida, resultante da diferença entre os custos operacionais totais e a renda bruta (calculada multiplicando o número de sacas de soja produzidas pelo preço), revela um cenário promissor tanto com o uso do sistema convencional quanto com a aplicação de remineralizadores e bioinsumos (conforme indicado na Figura 5). Além disso, é importante destacar que o preço da terra aumentou significativamente no período, o que elevou consideravelmente o valor da remuneração da terra, tendo um impacto negativo na rentabilidade.

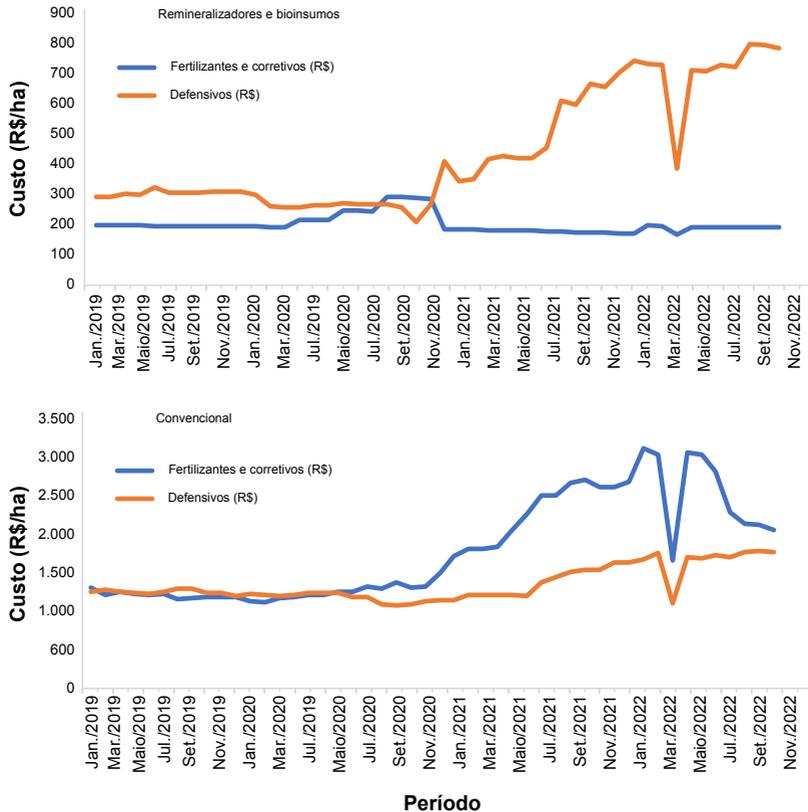


Figura 3. Custo de defensivos e fertilizantes da cultura da soja de janeiro de 2019 a dezembro de 2022, a partir de dados de custo de produção, em terra própria, declarados por agricultores com alto nível tecnológico, do estado de Goiás, em levantamento realizado pelo IFAG (2021), em valores atualizados pelo IPCA.

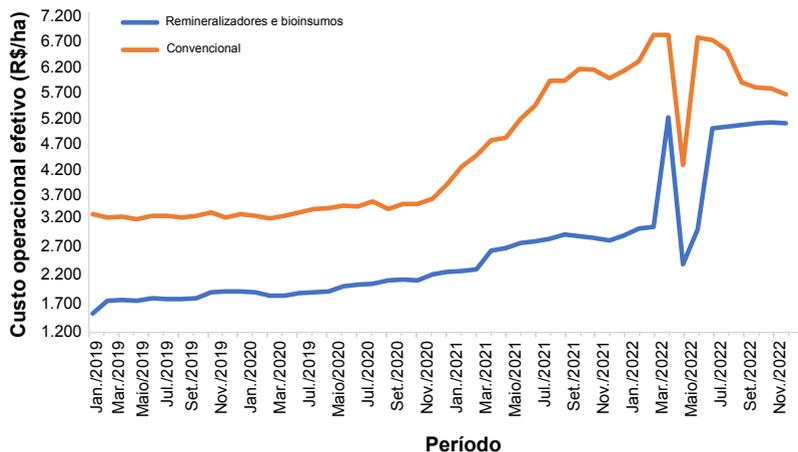


Figura 4. Custo operacional efetivo da cultura da soja de janeiro de 2019 a dezembro de 2022, a partir de dados de custo de produção, em terra própria, declarados por agricultores com alto nível tecnológico, do estado de Goiás, em levantamento realizado pelo IFAG (2021), em valores atualizados pelo IPCA.

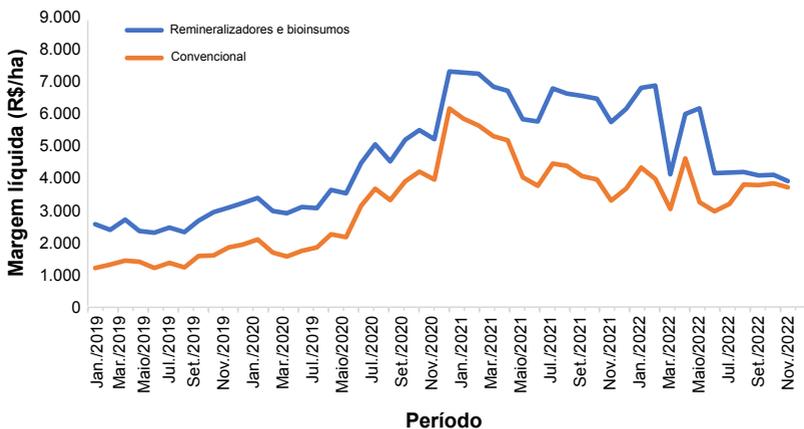


Figura 5. Margem líquida da cultura da soja de janeiro de 2019 a dezembro de 2022, a partir de dados de custo de produção, em terra própria, declarados por agricultores com alto nível tecnológico, do Estado de Goiás, em levantamento realizado pelo IFAG (2021), em valores atualizados pelo IPCA.

Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade (Richetti, 2019) (Figura 6) possibilita inferências sobre as margens líquidas durante o período, identificando os limites nos quais variações no preço do produto ou nas quantidades produzidas de soja podem ocorrer antes que as margens se tornem negativas. No estudo, foram examinados dois cenários, abrangendo condições de maior (+20%) e menor (-20%) favorabilidade na renda bruta obtida, para calcular as margens líquidas.

Os resultados desta análise sugerem que o cultivo da soja operou abaixo do ponto de equilíbrio apenas no sistema convencional, quando houve uma redução de 20% na renda bruta, devido a uma queda nos preços no período entre janeiro de 2019 e maio de 2019. O valor mais baixo registrado durante este intervalo, ajustado pelo IPCA para dezembro de 2022, foi de - R\$ 30,99, observado em janeiro de 2019.

Por outro lado, no caso do sistema de produção que utiliza remineralizadores e bioinsumos, em nenhum cenário foi observada uma margem líquida negativa. O menor valor registrado ocorreu durante a simulação com uma redução de 20% na renda bruta, em maio de 2019, alcançando R\$ 1.350,19 (ajustado pelo IPCA para dezembro de 2022).

Apesar dos fatores econômicos positivos encontrados, é aguardado que a pesquisa sobre remineralizadores em breve ofereça resultados sobre os efeitos do seu uso na produtividade das culturas, na qualidade do solo e no meio ambiente. Além disso, espera-se que sejam avaliadas sua eficiência agrônômica e as sinergias resultantes da interação desses insumos de baixa solubilidade com os fertilizantes de alta solubilidade.

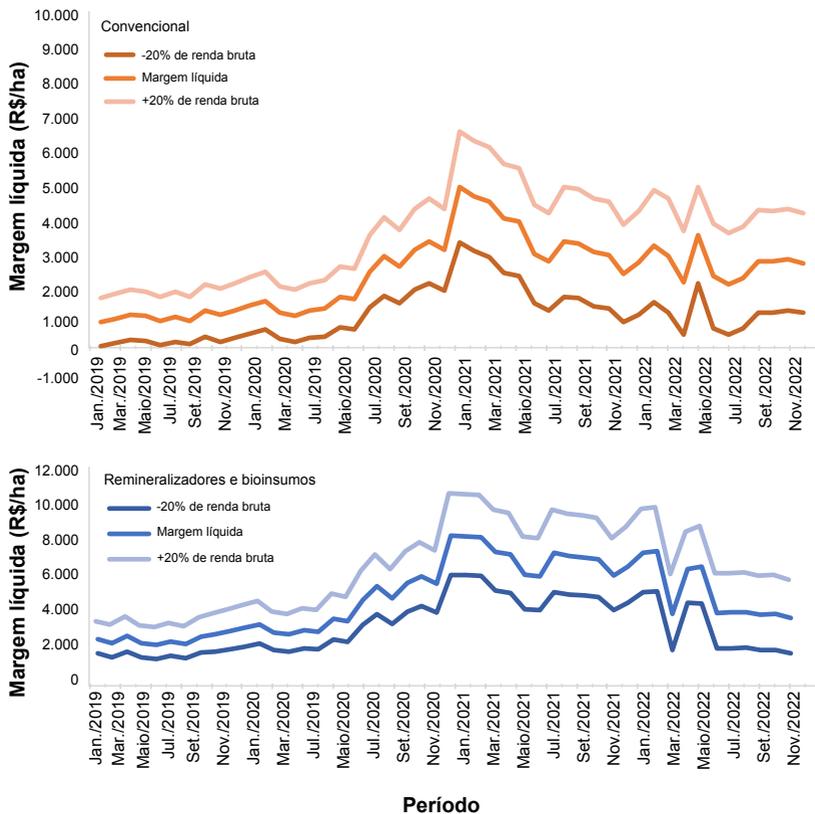


Figura 6. Análise de sensibilidade da margem líquida da cultura da soja de janeiro de 2019 a dezembro de 2022, a partir de dados de custo de produção, em terra própria, declarados por agricultores com alto nível tecnológico, do Estado de Goiás, em levantamento realizado pelo IFAG (2021), em valores atualizados pelo IPCA.

Referências

ALMEIDA, J. A. D.; CUNHA, G. O. D. M.; HEBERLE, D. A.; MAFRA, Á. L. Potential of olivine melilitite as a soil remineralizer according to particle size and rates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, 2022. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.01445.

ALMEIDA, J. P.; VOLOTÃO, R. A. **Produção Nacional de Fertilizantes: estudo estratégico**. Brasília, DF: Secretaria Especial de Projetos Estratégicos, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf/@@download/file/SAE_Publicacao_Fertilizantes_V12.pdf. Acesso em: 21 mar. 2023.

AMA (Associação dos Misturadores de Adubo do Brasil). Disponível em: <http://amabrasil.agr.br/> Acesso em: 11 jun. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020a**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.375-de-26-de-maio-de-2020-258706480>. Acesso em: 11 jun. 2021.

BRASIL. **Anuário Estatístico 2022: Setor de Transformação de Não-Metálicos**. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/setor-de-transformacao-de-nao-metalicos>. Acesso em: 30 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Gabinete da Ministra. **Instrução Normativa n. 5, de 10 de março de 2016**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-5-de-10-3-16-remineralizadores-e-substratos-para-plantas.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2023.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013**. Altera a Lei No 6.894 de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura. 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm. Acesso em: 30 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Programa Nacional de Bioinsumos incentiva desenvolvimento sustentável na agropecuária**. 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/05/programa-nacional-de-bioinsumos-incentiva-desenvolvimento-sustentavel-na-agropecuaria>. Acesso em: 11 jun. 2021.

BRASIL. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050**. Brasília, DF: Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2022a. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2023.

BRASIL. **Registros de remineralizadores no MAPA**. Indicadores da agricultura - fertilizantes. Disponível em: <https://indicadores.agricultura.gov.br/fertilizantes/index.htm><https://indicadores.agricultura.gov.br/fertilizantes/index.htm>. Acesso em: 30 mar. 2023.

CAMARGO, C. K.; RESENDE, J. T. V. de; CAMARGO, L. K. P.; FIGUEIREDO, A. S. T.; ZANIN, D. S. Produtividade do morangueiro em função da adubação orgânica e com pó de basalto no plantio. **Semina**, v. 33, p. 2985-2994, 2012.

CELLA, D.; ROSSI, M. C. de L. Análise do mercado de fertilizantes no Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v. 7, n. 1, p. 41-50, 2010.

COSTA, L. M.; SILVA, M. F. de O. **A indústria química e o setor de fertilizantes**. 2012. Disponível: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2025/1/A%20ind%C3%BAstria%20qu%C3%ADmica%20e%20o%20setor%20de%20fertilizantes_P_A.pdf. Acesso em: 19 mar. 2021.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; GILABEL, A. P.; COSTA, C. H. M. D.; CAMPOS, M. D.; CASTRO, G. S. A.; FERRARI NETO, J. Broadcast application of ground silicate rocks as potassium sources for grain crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, 2022. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02443.

FAO. **The state of food and agriculture: leveraging food systems for inclusive rural transformation**. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-l7658e.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2021.

FERREIRA, B. G. C.; FREITAS, M. M. L.; MOREIRA, G. C. Custo operacional efetivo de produção de soja em sistema de plantio direto. **Revista iPecege**, v. 1, n. 1, p. 39-50, jan./mar. 2015. DOI: 10.22167/r.ipecege.2015.1.39.

FLYNN, H. C.; SMITH, P. **Greenhouse gas budgets of crop production: current and likely future trends**. Paris: International Fertilizer Association Industry, 2010. 67 p.

GÖRGEN, C. A.; BIZÃO, A. A.; RAGAGNIN, V. A.; MARTINS, E. S.; BATISTA, N. T. F.; SILVA, F. S.; HACK, E. **Arranjo Produtivo Local de base mineral no Sudoeste Goiano**: uso de rochas regionais na agricultura. 2011. Disponível em: <https://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1177/1/Arranjo%20Produtivo%20Local%20de%20base.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

GOTTEMS, L. Mercado de biológicos deve disparar 74% em 4 anos. **Portal Agrolink**, 14 jan. 2022. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/noticias/mercado-de-biologicos-deve-disparar-74--em-4-anos_461025.html?utm_source=agrolink-clipping&utm_medium=email&utm_campaign=clipping_edicao_7082&utm_content=noticia&ib=y. Acesso em: 23 fev. 2022.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, n. 7, p. 791-801, 2013.

IFAG (Instituto para o Fortalecimento da Agropecuária de Goiás). **Custos de produção**. Disponível em: <http://ifag.org.br/custos-de-producao.html>. Acesso em: 31 maio 2021.

LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KROMBERG, B. Rochagem: método de aumento de fertilidade de solos lixiviados e arenosos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SBG, 1976. p. 137-145.

LUCHESI, A. V.; DE CASTRO LEITE, I. J. G.; DA SILVA GIARETTA, A. P.; ALVES, M. L.; PIVETTA, L. A.; MISSIO, R. F. Use of quarry waste basalt rock powder as a soil remineralizer to grow soybean and maize. **Heliyon**, v. 9, n. 3, 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e14050.

MARTINS, R. M.; JANTALIA, C. P.; POLIDORO, J. C.; BATISTA, J. N.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Nitrous oxide and ammonia emissions from N fertilization of maize crop under no-till in a Cerrado soil. **Soil & Tillage Research**, v. 151, p. 75-81, 2015.

MELO, A. A. de. **Mercado de Insumos Agropecuários**: fertilizantes e máquinas agrícolas. Brasília, DF: Conab, [2021]. (Indicadores da Agropecuária. Conab). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/component/>

k2/item/download/32909_69142a69ca857b356d408edd612761de. Acesso em: 11 jun. 2021.

PEREIRA, P. C. M. Mercado de fertilizantes Brasil. In: SIMPÓSIO SINDIADUBOS 2018. Disponível em: https://www.sindiadubos.org.br/wp-content/themes/sindiadubos/_assets/files/simpocio/2018/files/paulo-cesar-2018.pdf. Acesso em: 1 jun. 2019.

RICHETTI, A. **Viabilidade econômica da cultura da soja para a safra 2019/2020, na região centro-sul de Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2019. 7 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 251).

SÁ, J. C. M.; LAL, R.; CERRI, C. C.; LORENZ, K.; HUNGRIA, J.; CARVALHO, P. C. C. Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. **Environment International**, v. 98, p. 102-112, 2017. DOI: 10.1016/j.envint.2016.10.020.

SANTANA, C. A. M.; CAMPOS, S. K.; MARRA, R.; ARAGÃO, A. A. Cerrado: pilar da agricultura brasileira. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (ed.). **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 39-58.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M. D.; COSTA, C. H. M. D.; GILABEL, A. P.; CASTRO, G. S. A.; FERRARI NETO, J. Silicate rocks as an alternative potassium fertilizer for upland rice and common bean crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, 2021. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01411.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M. D.; GILABEL, A. P.; COSTA, C. H. M. D.; CASTRO, G. S. A.; FERRARI NETO, J. Efficiency and residual effect of alternative potassium sources in grain crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, 2022. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.02686.

SOUZA, F. N. S. **O potencial de agrominerais silicáticos como fonte de nutrientes na agricultura tropical**. Brasília, DF, 2014. 144 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.

TOSCANI, R. D. S.; CAMPOS, J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados.

Revista Geociências, v. 36, n. 2, p. 259-274, 2017.

TRABAQUINI, K.; GALVÃO, L. S.; FORMAGGIO, A. R.; DE ARAGÃO, L. E. O. E. C. Soil, land use time, and sustainable intensification of agriculture in the Brazilian Cerrado region. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 189, p. 1-15, 2017. DOI: 10.1007/s10661-017-5787-8.

VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K.; KOHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, n. 1, p. 39-59, 2018. DOI: 10.1007/s10526-017-9801-4.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. In: GINDRI, D. M.; MOREIRA, P. A. B.; VERISSIMO, M. A. A. (org.). **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. Florianópolis: CIDASC, 2020. p. 382-410.



CGPE 018557