

Produção de Soja no Cerrado: Análise Comparativa de Sistemas de Manejo Regenerativo e Conservacionista

Soybean Production in the Cerrado: A Comparative Analysis of Regenerative and Conservation Management Systems

Tatiana Silva Borges

Programa de Pós-Graduação em Agronegócio da Universidade Federal de Goiás (UFG),
Goiânia, GO, Brasil.

Rubia Cristina Arantes Marques

Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde (IF Goiano), Rio Verde, GO, Brasil.

GT4. Meio ambiente, agroecologia, sustentabilidade e mudanças climáticas

Resumo: A produtividade da soja no Brasil exibe variabilidade devido às condições climáticas, revelando sua vulnerabilidade ambiental. No Cerrado, região que responde por mais da metade da produção brasileira, compreender os impactos da adoção em larga escala da agricultura regenerativa (AR) é fundamental. Este estudo comparou itinerários de produção de soja sob AR e agricultura conservacionista (AC), avaliando características e produtividade em fazendas no Sudoeste Goiano. A metodologia baseou-se em painéis de especialistas e dados do Projeto Regenera Cerrado, analisando dezesseis sistemas de produção com registros completos, cultivo simultâneo de AR e AC na mesma propriedade e ano-safra, e mensuração segregada da produtividade. Os resultados mostram variações significativas: em algumas propriedades, a AR rendeu 8,7%-36,4% menor que a do AC; em uma, superou-o em até 100%. Esses contrastes refletem a influência de fatores como cultivar, solo, clima e manejo, além da adaptabilidade temporal da AR, cujos benefícios consolidam-se a longo prazo. O estudo enfatiza a necessidade de monitoramento e análises econômicas longitudinais, pois custos menores de insumos e ganhos futuros de produtividade podem compensar perdas iniciais e viabilizar a adoção da AR.

Palavras-chave: agricultura regenerativa, itinerário agrônômico, sustentabilidade agrícola.

Abstract: Soybean productivity in Brazil exhibits variability due to climatic conditions, revealing its environmental vulnerability. In the Cerrado, a region that accounts for more than half of Brazilian production, understanding the impacts of the large-scale adoption of regenerative agriculture (RA) is fundamental. This study compared soybean production itineraries under RA and conservation agriculture (CA), evaluating characteristics and productivity on farms in Southwest Goiás. The methodology was based on expert panels and data from the Regenera Cerrado Project, analyzing sixteen production systems with complete records, simultaneous cultivation of RA and CA on the same property and crop year, and segregated measurement of productivity. The results show significant variations: in some properties, RA yielded 8.7%-36.4% less than CA; in one, it surpassed it by up to 100%. These contrasts reflect the influence of factors such as cultivar, soil, climate, and management, as well as the temporal adaptability of RA, whose benefits are long-term. The study emphasizes the need for longitudinal monitoring and economic analysis, as lower input costs and future productivity gains can offset initial losses and make AR adoption viable.

Keywords: regenerative agriculture, cropping system, agricultural sustainability.

1. Introdução

O Cerrado brasileiro ocupa uma área de 204 milhões de hectares, quase 24% do território nacional, oferecendo espaço para a expansão agrícola (Vieira Filho, 2024). Abrigando o maior estoque de terras aptas à produção agrícola do país, o bioma apresenta

condições favoráveis de precipitação, temperatura, relevo e altitude, tornando-o especialmente propício para o cultivo de soja, principal cultura do bioma e motor de sua expansão (Carneiro Filho; Costa, 2016).

Inicialmente, havia dúvidas sobre a viabilidade da produção agrícola no Cerrado, mas a tropicalização das culturas e a correção da acidez dos solos típicos do bioma permitiram crescimento exponencial da soja (Vieira Filho, 2024). Nesse processo, a pesquisa científica foi central na transformação dos Latossolos, que ocupam cerca de 90 milhões de hectares no Centro-Oeste, sendo 15 milhões em Goiás, em solos altamente produtivos para grãos. Essa conversão decorreu de características intrínsecas desses solos, como profundidade, boa drenagem e declividade geralmente inferior a 3%, que favorecem a mecanização agrícola (Santos, 2025).

A região Centro-Oeste, que abrange grande parte do Cerrado, tornou-se a principal produtora de soja do Brasil, respondendo por mais de 50% da produção em 2022 e registrando crescimento de dez vezes entre a década de 1990 e 2022 (Vieira Filho, 2024). Estados como Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul, responsáveis por 31,5%, 12,6% e 7,1% da produção nacional, respectivamente, exemplificam a importância do Cerrado para a soja (Vieira Filho, 2024).

O Brasil consolidou-se como o maior produtor mundial de soja, com sucessivos recordes de área cultivada e produção na última década. Na safra 2022/23, o país produziu 154,6 milhões de toneladas, 10,9% acima do recorde anterior (2020/21), cultivando 44 milhões de hectares e alcançando uma produtividade média de 3.508 kg ha⁻¹. Condições climáticas favoráveis contribuíram para esses resultados na maioria das regiões produtoras. O uso intensivo de tecnologias, notadamente os avanços em estados como Mato Grosso e a região do Matopiba, compensou as perdas registradas no Rio Grande do Sul devido ao fenômeno La Niña (CONAB, 2023). Na safra seguinte (2023/24), apesar das condições climáticas extremas que afetaram vários estados produtores, a produção nacional atingiu 147,3 milhões de toneladas, a segunda maior da história, cultivada em 46 milhões de hectares, com produtividade média de 3.202 kg ha⁻¹ (CONAB, 2024). Em 2024/25, a CONAB estimou em 171,4 milhões de toneladas, a maior já registrada, 13,3% acima da safra anterior (CONAB, 2025).

A evolução da produtividade nacional tem exibido significativa variabilidade, com quedas acentuadas em safras com condições climáticas adversas (2021/22 e 2023/24) e

recuperação em anos favoráveis (2022/23 e 2024/25), evidenciando sua vulnerabilidade ambiental.

Esses resultados confirmam o potencial produtivo da soja no Brasil, também evidenciam a crescente exposição a riscos ambientais, reforçando o debate sobre alternativas de manejo mais resilientes. O cultivo intensivo, baseado em fertilizantes minerais solúveis e pesticidas sintéticos, é associado à degradação do solo, à pressão sobre recursos hídricos e à perda de biodiversidade, além de aumentar a vulnerabilidade a eventos climáticos extremos (Khangura et al., 2023). Nesse contexto, a agricultura regenerativa (AR) surge como uma alternativa promissora, priorizando a saúde do solo, reduzindo o uso de pesticidas químicos ao integrar bioinsumos e adubação orgânica.

Apesar dos avanços recentes, a literatura sobre AR concentra-se em climas temperados e em sistemas de menor escala. No Brasil, e especialmente no Cerrado, os desafios diferem devido à elevada acidez, baixa fertilidade natural e forte intemperismo, condições que exigem práticas específicas de manejo. Ademais, estudos comparativos em soja sob condições reais de produção em larga escala são escassos, reforçando a necessidade de investigações que abordem itinerários técnicos que contrastem sistemas regenerativos e convencionais nesse contexto.

Este estudo tem por objetivo levantar e comparar os itinerários técnicos da produção de soja sob manejo regenerativo e tradicional, destacando suas particularidades e resultados de produtividade no Sudoeste Goiano.

2. Revisão da Literatura

A agricultura regenerativa (AR) tem ganhado crescente destaque na literatura científica como alternativa ao cultivo tradicional (CT) de produção agrícola. Soto (2021) afirma que a AR tem ganhado crescente reconhecimento como uma solução plausível para a restauração de ecossistemas agrícolas degradados. Newton et al. (2020) e Rhodes (2017) propõem a AR como um meio alternativo de produção de alimentos que pode ter impactos ambientais e sociais menores, ou até mesmo positivos. Schreefel et al. (2020) descrevem a AR como uma solução para sistemas alimentares sustentáveis. Gosnell et al. (2019) identificam a AR como uma forma alternativa de produção de alimentos e fibras focada no aprimoramento e restauração de sistemas resilientes.

Francis et al. (1986) indicam que a AR foi proposta por Gabel em 1979 e posteriormente articulada por Rodale em 1983 como uma opção para sistemas de produção agrícola mais sustentáveis. Atualmente, a AR é entendida como um conjunto de práticas que buscam restaurar a saúde do solo, promover a biodiversidade e aumentar a resiliência dos sistemas agrícolas. Muhie (2022) descreve a AR como um sistema alimentar e agrícola voltado para a preservação e reabilitação, que se concentra na regeneração do solo, no aumento da biodiversidade, na otimização do ciclo da água e no suporte aos bens e serviços ecossistêmicos, promovendo também o sequestro de carbono e a resiliência às mudanças climáticas. Rhodes (2017) enfatiza que a intenção central da AR é restaurar ou melhorar a saúde dos solos degradados, o que melhora simbioticamente a qualidade da água, a vegetação e a produtividade da terra. Schreefel et al. (2020) propõem uma definição provisória de AR como uma abordagem à agricultura que utiliza a conservação do solo como ponto de entrada para regenerar e contribuir para múltiplos serviços ecossistêmicos, para melhorar não apenas as dimensões ambientais, mas também as sociais e econômicas da produção sustentável de alimentos.

Como apontam Schreefel et al. (2020), não há consenso sobre quais práticas caracterizam a AR, visto que sua adoção depende do contexto edafoclimático, da cultura agrícola e das condições socioeconômicas locais. Os autores mencionam atividades como minimizar o uso de insumos externos, reduzir o preparo de solo, empregar agricultura diversificada, melhorar as rotações de culturas e usar adubo e composto orgânicos como as principais práticas associadas à AR. Fenster, Oikawa e Lundgren (2021) afirmam que os princípios da AR incluem minimizar o revolvimento do solo, eliminar ou reduzir o uso de pesticidas químicos, manter cobertura permanente no solo, maximizar a diversidade de plantas e integrar a pecuária às operações agrícolas. Khangura et al. (2023) identificam os princípios fundamentais da AR como a manutenção da cobertura do solo, minimização do revolvimento do solo, preservação das raízes vivas no solo ao longo do ano, aumento da diversidade de espécies, integração da pecuária e limitação do uso de compostos sintéticos, como pesticidas e fertilizantes.

O cultivo tradicional (CT), também conhecido como agricultura convencional ou industrial, é um modelo de produção agrícola frequentemente contrastado com abordagens mais sustentáveis ou regenerativas. O CT prioriza ganhos imediatos de produtividade e eficiência produtiva (McLennon et al., 2021), como evidenciado pelos resultados da Revolução Verde, que inaugurou a agricultura industrial intensiva e resultou em um

crescimento notável na produção de alimentos, quadruplicando a produtividade da terra (Rhodes, 2017). O CT é caracterizado pela dependência e uso intensivo de pesticidas sintéticos e fertilizantes minerais, muitos dos quais são produzidos a partir de combustíveis fósseis, como o nitrogênio, o que torna a prática insustentável a longo prazo (Rhodes, 2012). Esse modelo envolve o uso crescente de mecanização em larga escala e um preparo intensivo e frequente do solo (Rhodes, 2017).

Há ainda um sistema intermediário, conhecido como agricultura conservacionista (AC), reconhecida como um sistema de produção agrícola sustentável que busca melhorar a produtividade, a lucratividade e a segurança alimentar, ao mesmo tempo em que preserva a base de recursos naturais e o meio ambiente (Naab et al., 2017). Conforme Barrowclough et al. (2016), os sistemas de produção sob AC baseiam-se em três princípios fundamentais: (i) revolvimento mínimo do solo, focado na redução da erosão; (ii) cobertura permanente do solo, visando a retenção de umidade; e (iii) rotação de culturas, com o objetivo de ciclagem dos nutrientes do solo e auxiliar no controle de pragas. Devido a esses benefícios agrônômicos, a AC alcançou maturidade científica e adoção global, estimando-se que ocupe cerca de 157 milhões de hectares no mundo, concentrando-se predominantemente nas Américas, que respondem por 76,6% dessa área (Vastola et al., 2017).

O ponto de divergência mais significativo entre a AC e o CT reside no manejo do solo. O CT caracteriza-se pelo revolvimento intensivo, uma prática que frequentemente resulta em perdas de matéria orgânica e degradação estrutural do solo (Khangura et al., 2023). Em contrapartida, o princípio basilar da AC é o revolvimento mínimo ou nulo, como o plantio direto, para preservar a umidade, a biologia e a estrutura do solo (Ngwira et al., 2013). Essa redução no revolvimento não apenas diferencia a AC do CT, mas a estabelece como a prática de transição mais elementar e consolidada rumo a sistemas agrícolas de maior resiliência ambiental, como a AR (Gosnell et al., 2019).

A literatura aponta uma tendência recorrente: sistemas sob AR tendem a apresentar produtividades iniciais menores do que os CT. Ngwira et al. (2013), em experimentos de longo prazo na África, observaram que os ganhos de produtividade com a transição para AR levaram tempo para se consolidar em ambientes mais úmidos. Jat et al. (2014) encontraram resultados semelhantes no sul da Ásia, indicando que os benefícios da AR na produtividade podem levar de dois a três anos para se tornarem visíveis. Em resumo, a literatura sugere que a AR requer um período de adaptação do sistema de produção, durante o qual as melhorias na

saúde do solo e na ciclagem de nutrientes ainda não são totalmente traduzidas em produtividade.

Por outro lado, os estudos também evidenciam que a AR pode trazer vantagens econômicas significativas. LaCanne e Lundgren (2018) mostraram que agricultores nos Estados Unidos alcançaram maior lucratividade líquida na produção de milho em AR, mesmo com menor produtividade, devido ao uso reduzido de insumos externos e maior resiliência biológica no controle de pragas. Fenster, Oikawa e Lundgren (2021) observaram, ao analisar pomares de amêndoas, que embora a produtividade não tenha diferido significativamente entre os AR e CT, a lucratividade foi o dobro em AR, devido aos menores custos e acesso a preços diferenciados por meio de certificação.

3. Metodologia

O levantamento dos itinerários técnicos seguiu a metodologia proposta por Guiducci (2012), que recomenda a coleta de informações por meio de painel de especialistas, composto por pesquisadores, técnicos, extensionistas e produtores, em substituição ao acompanhamento direto e contínuo em campo. Para tanto, o presente estudo utilizou os dados do Projeto Regenera Cerrado, cuja multidisciplinaridade permitiu considerá-lo equivalente a um painel de especialistas.

O Projeto Regenera Cerrado, uma iniciativa do Instituto Fórum do Futuro, pretende caracterizar e monitorar práticas de AR no Sudoeste Goiano. O projeto é coordenado pelo Instituto Bio Sistêmico (IBS) em parceria com sete instituições de ensino, quatro empresas de pesquisa e extensão rural e onze propriedades rurais localizadas nos municípios de Jataí, Mineiros, Montividiu e Rio Verde, no Sudoeste Goiano (REGENERA CERRADO, [s.d.]).

Os dados dos itinerários foram obtidos a partir de planilhas de campo preenchidas pelos produtores e técnicos responsáveis, complementadas por entrevistas de validação realizadas por pesquisadores do projeto. Todas as informações foram padronizadas em unidades de área (hectare), com doses expressas em kg ha⁻¹ ou L ha⁻¹, e a produtividade registrada em sacas ha⁻¹, para permitir comparabilidade entre talhões e safras.

Considerando onze fazendas participantes do Projeto Regenera Cerrado, produzindo em ambos os sistemas produtivos, AR e AC, durante as safras de 2022/23, 2023/24 e 2024/25, o universo inicial seria de 66 sistemas de produção de soja. No entanto, havia registro dos itinerários agrônômicos de apenas 35 sistemas de produção, sendo 18 da safra 2022/23, 15 da

safr 2023/24 e 3 da safr 2024/25. Assim, utilizou-se o seguinte critério para seleção dos dados considerados nesta pesquisa: (i) disponibilidade de registros completos dos itinerários agronômicos em cada sistema; (ii) cultivo de soja em ambos os sistemas, agricultura regenerativa (AR) e agricultura conservacionista (AC), na mesma propriedade e ano-safr; e (iii) mensuração da produtividade segregada por sistema de manejo.

Deste modo, 16 sistemas atenderam aos critérios estabelecidos sendo considerados na análise comparativa. Os sistemas restantes, com registro de itinerário, foram desconsiderados nesta pesquisa pelos seguintes motivos: (i) a mesma produtividade média foi registrada para ambos os manejos, impossibilitando a distinção de resultados; (ii) falta de informações sobre a produtividade final; ou (iii) a ausência de um sistema de manejo contrastante (AR ou AC) na mesma fazenda e safr, condição necessária para o pareamento.

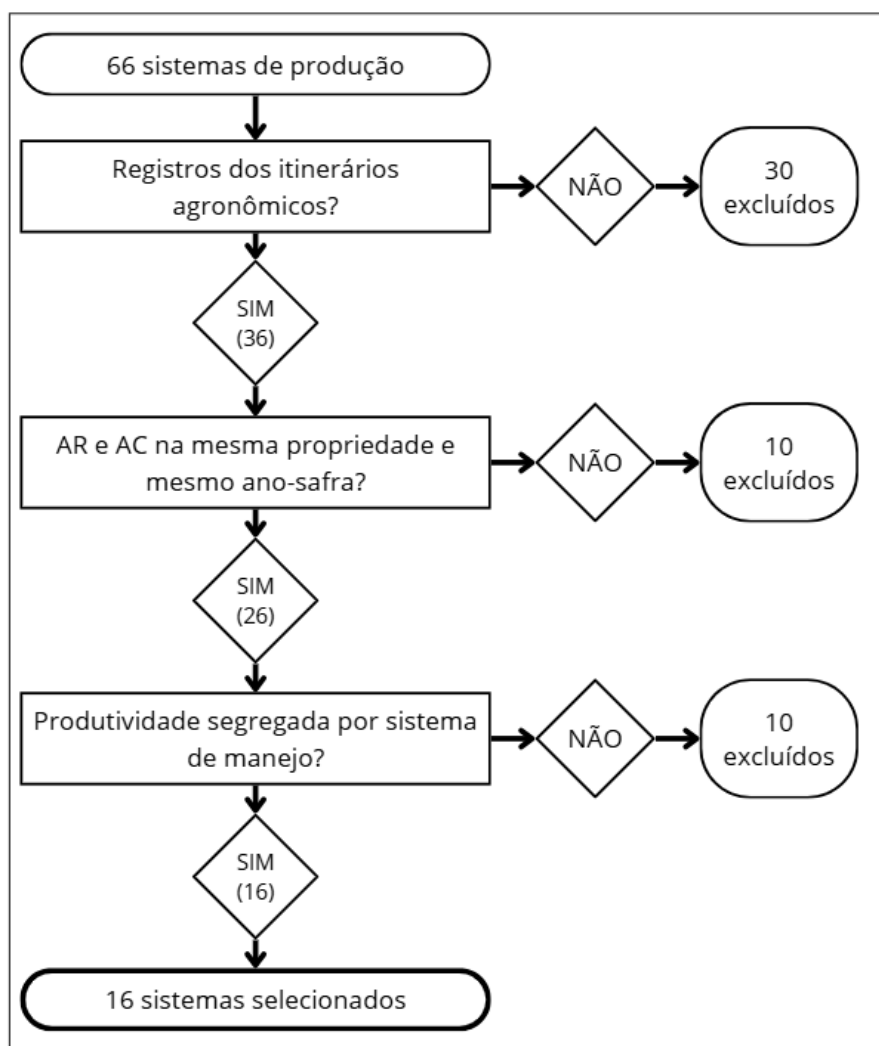


Figura 1 - Fluxograma da seleção dos sistemas produtivos incluídos na pesquisa.

A definição operacional dos sistemas de manejo como AR ou AC foi realizada pelos próprios produtores, em conjunto com os pesquisadores e técnicos do Projeto Regenera Cerrado. Essa classificação considerou a caracterização prática de cada itinerário agrônomo segundo a percepção e experiência destes agentes. Casos onde o sistema classificado como AR não apresentava práticas regenerativas típicas em seus itinerários agrônômicos foram mantidos na análise, mas devidamente destacados como situações de aderência parcial aos princípios da AR.

Neste estudo, realizou-se uma análise detalhada dos insumos empregados em cada itinerário agrônomo, considerando não apenas a sua natureza, mas também o ingrediente ativo, a concentração das formulações, a época de aplicação e outros aspectos técnicos relevantes (Quadro 1). Essa abordagem permitiu identificar diferenças qualitativas nos itinerários agrônômicos, em consonância com a definição de sistema de produção de Guiducci (2012), que propõe que mudanças qualitativas na lista de insumos configuram novos sistemas de produção, enquanto variações apenas quantitativas não modificam a caracterização do sistema.

Quadro 1 - Aspectos avaliados na comparação dos itinerários técnicos entre agricultura regenerativa (AR) e conservacionista (AC).

Sistema de Produção	Nutrição e Implantação	Manejo fitossanitário
Sistema de manejo Área (ha) Produtividade (sc ha ⁻¹) Número de operações	Correção de solo Adubação Cultivar Semeadura	Dessecação pré-semeadura Herbicidas Fungicidas Inseticidas Dessecação pré-colheita

Fonte: Elaboração própria.

Para garantir a consistência das informações, foi realizada uma checagem detalhada dos insumos relatados pelos produtores. Quando o nome comercial informado não correspondia exatamente ao produto utilizado, a identificação foi feita com base na associação com o princípio ativo e fabricante declarados. Nesses casos, a verificação foi realizada por meio do banco de dados dos Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários - AGROFIT (MAPA, 2025), onde constam todos os pesticidas e afins registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, assegurando a correspondência entre produto, ingrediente ativo e concentração. A partir dessa padronização, foram criadas duas colunas adicionais na planilha de dados: uma contendo o nome comercial padronizado do insumo e outra com os respectivos

ingredientes ativos e concentrações, utilizados como referência nas análises comparativas dos itinerários técnicos.

A análise inclui a comparação dos itinerários agronômicos entre os dois sistemas nas safras 2022/23 e 2023/24. Foram avaliados oito talhões por safra, sendo quatro manejados em AR e quatro em AC. Em cada propriedade, os talhões foram pareados, permitindo a comparação direta entre os itinerários técnicos e os rendimentos produtivos.

4. Discussão dos Resultados

Os sistemas de manejo classificadas como AR incorporam consistentemente diversas práticas, incluindo a aplicação de corretivos minerais naturais, fertilizantes orgânicos (como cama aviária e composto), pó de rocha, biofertilizantes e uma variedade de bioinsumos (*Bacillus* spp., *Trichoderma*, *Azospirillum* spp., vírus entomopatogênicos, etc.). Isso se alinha aos princípios da AR de melhoria da qualidade do solo, aumento do carbono orgânico, biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes (Fenster; Oikawa; Lundgren, 2021). Soto (2021) confirma que a AR melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Os Quadros 10 e 11 apresentam o comparativo das moléculas de pesticidas sintéticos e microrganismos utilizados nos sistemas monitorados, evidenciando que a AR busca a supressão de pragas e doenças via equilíbrio sistêmico.

Quadro 2 - Comparativo de inseticidas utilizados sob manejo regenerativo (AR) e conservacionista (AC) nos itinerários técnicos avaliados.

Inseticidas	AR	AC
Biológicos		
Azadirachta indica	X	
Bacillus Thuringiensis	X	X
Baculovírus	X	
Beauveria spp.	X	
Chromobacterium	X	X
Isaria fumosorosea	X	
Metarhizium	X	
Nutrins New Control	X	
Vírus chrysodeixis includens	X	X
Vírus entomopatogênicos	X	
Vírus helicoverpa armigera		X

Vírus Surtivo	X	
Sintéticos		
Acefato	X	X
Ampligo (Clorantraniliprole + Lambda-cialotrina)	X	X
Clorfenapir	X	X
Curbix 200 SC (Etiprole)	X	X
Cyprtrin (Cipermetrina)	X	X
Engeo Pleno S (Tiametoxam + lambda-cialotrina)	X	X
Exalt BR (Espinetoram)	X	X
Feroce (Acefato + bifentrina)		X
Galil SC (Imidacloprido + bifentrina)		X
Hayate (Ciclaniliprole)		X
Intrepid 240 SC (Metoxifenoazida)		X
Lambda-Cialotrina	X	X
Match EC (Lufenurum)		X
Metomil	X	X
Premio (clorantraniliprole)		
Sperto (Bifentrina + Acetamiprido)	X	X

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 3 - Comparativo de fungicidas utilizados sob manejo regenerativo (AR) e conservacionista (AC) nos itinerários técnicos avaliados.

Fungicidas	AR	AC
Biológicos		
Bacillus Pumilus	X	
Bacillus subtilis	X	
Bacillus velezensis	X	
Bradyrhizobium spp.		X
Extrato de Azadirachta indica	X	X
Trichoderma asperellum	X	X
Trichoderma spp.	X	X
Sintéticos		
Alade (Benzovindiflupyr + ciproconazol + difenoconazol)		X
Aproach Power (Picoxistrobina + ciproconazol)		X
Banjo (Fluazinam)		X
Blindado Tov (Picoxistrobina + tebuconazol + mancozebe)		X
Clorotalonil	X	X
Difenoconazol	X	X
Evolution (Azoxistrobina + Mancozebe + Protioconazol)		X
Fezan Gold (Tebuconazol + Clorotalonil)		X

Fox Xpro (Bixafem + Protiocanazol + Trifloxistrobina)	X	X
Fusão EC (Metominostrobin + tebuconazol)		X
Helmstar Plus (Azoxistrobina + Tebuconazol)		X
Magic (Iprodiona)	X	X
Mittrion (Benzovindiflupyr + Protiocanazol)		X
Orkestra SC (Piraclostrobina + fluxapiroxade)	X	X
Score Flexi (Propiconazol + difenoconazol)		X
Scudeiro Nortox (Proticonazol + Tebuconazol)	X	
Tilt (Propiconazol)	X	X
Unizeb Gold BR (Mancozebe)	X	X
Vessarya (Picoxistrobina + Benzovindiflupyr)		X
Zignal (Fluazinam)	X	

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se nestes comparativos que, enquanto o modelo conservacionista fundamenta a proteção de safras em uma vasta gama de princípios ativos sintéticos, o itinerário regenerativo prioriza a intensificação de agentes biológicos e o uso seletivo de químicos. Abaixo, o quadro 4 apresenta o comparativo de herbicidas.

Quadro 4 - Comparativo de herbicidas utilizados sob manejo regenerativo (AR) e conservacionista (AC) nos itinerários técnicos avaliados.

Herbicidas	AR	AC
2,4-D	X	X
Beta-cipermetrina		X
Cletodim	X	X
Clomazona	X	
Cloransulam-metílico	X	
Clorimurom	X	X
Diquate	X	X
Fluasifope	X	
Flumioxazina	X	X
Fomesafem	X	
Glifosato	X	X
Glufosinato	X	X
Glufosinato + Propilenoglicol metil eter	X	X
Haloxifope		X
Imazetapir	X	X
Paraquate	X	X
Piroxassulfona + Flumioxazina		X

S-Metalacloro	X	X
Sulfentrazona + tebutiuram	X	X

Fonte: Elaboração própria.

Os comparativos acima ressaltam que, embora a transição para a AR promova uma redução nítida na dependência de inseticidas e fungicidas sintéticos (quadro 2 e 3), o portfólio de herbicidas de AR mostra-se semelhante ao de AC, como pode ser observado no Quadro 4. Essa persistência na diversidade de moléculas herbicidas reflete os desafios intrínsecos à fase de transição da agricultura tradicional para a regenerativa e conservacionista, na qual a eliminação do preparo mecânico do solo exige um controle químico rigoroso para a supressão de plantas daninhas até que o sistema estabeleça o equilíbrio biológico e a cobertura permanente de solo.

As comparações apresentadas nesta pesquisa detalham a complexa gama de práticas adotadas na AR, incluindo a combinação de correção de solo com calcário, adubação com composto orgânico, cloreto de potássio, biofertilizantes e uma variedade de bioinsumos (como fungicidas e inseticidas microbiológicos), bem como pesticidas sintéticos seletivos. Isso adiciona uma camada de nuance e especificidade às recomendações mais gerais da literatura sobre o empilhamento de práticas, demonstrando como isso se manifesta em sistemas reais (Fenster; Oikawa; Lundgren, 2021).

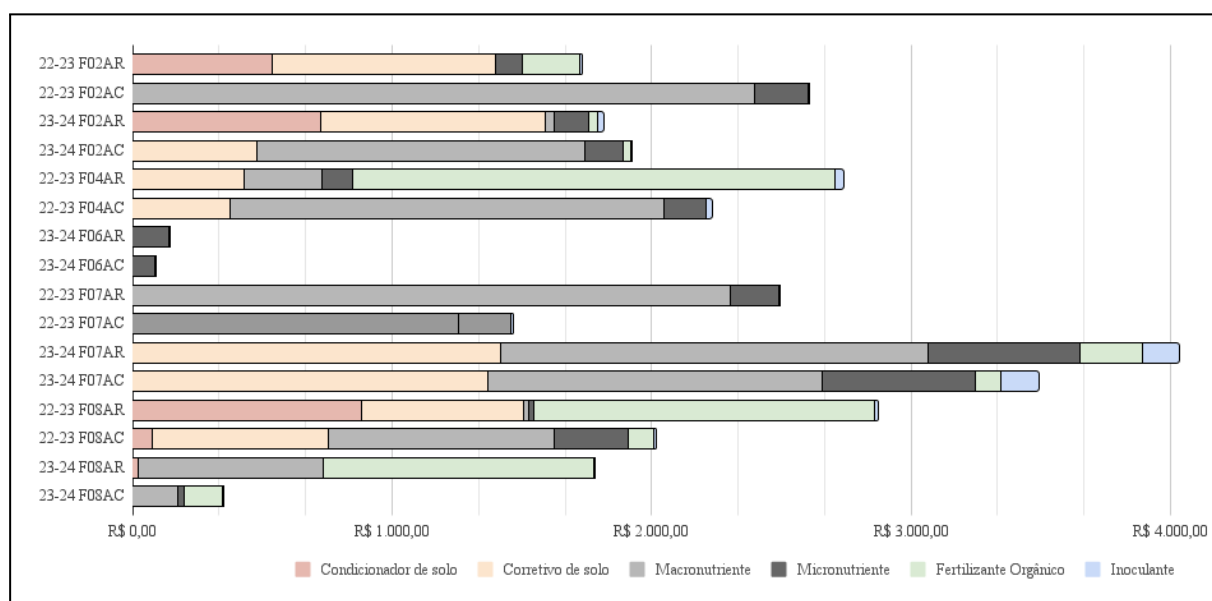


Figura 2 - Custo com corretivos de solo e fertilizantes, em R\$ ha-1, nos sistemas de agricultura regenerativa (AR) e agricultura conservacionista (AC).

A figura 2 mostra a transição qualitativa na matriz de insumos ao confrontar os talhões sob AR e AC. Enquanto o modelo conservacionista fundamenta sua estratégia produtiva no uso de macro e micronutrientes, essencialmente fertilizantes minerais, o itinerário regenerativo demonstra uma substituição gradual dessas fontes por fertilizantes orgânicos e corretivos de solo (inoculante, fertilizante orgânico, corretivo de solo e condicionador de solo).

Vale observar que o manejo F06AR202324, apesar de classificado como AR, não apresenta práticas regenerativas em seu itinerário agrônomo, visto que este contém exclusivamente insumos externos em sua matriz de fertilizantes. Isso contradiz o conceito de AR, que se baseia na redução de pesticidas sintéticos através da inserção de bioinsumos.

A falta de controle de plantas daninhas antes da semeadura em F02AR202223, é um fator que, conforme a literatura, pode levar à redução de produtividade devido à competição por recursos (Rosa-Schleich et al., 2019).

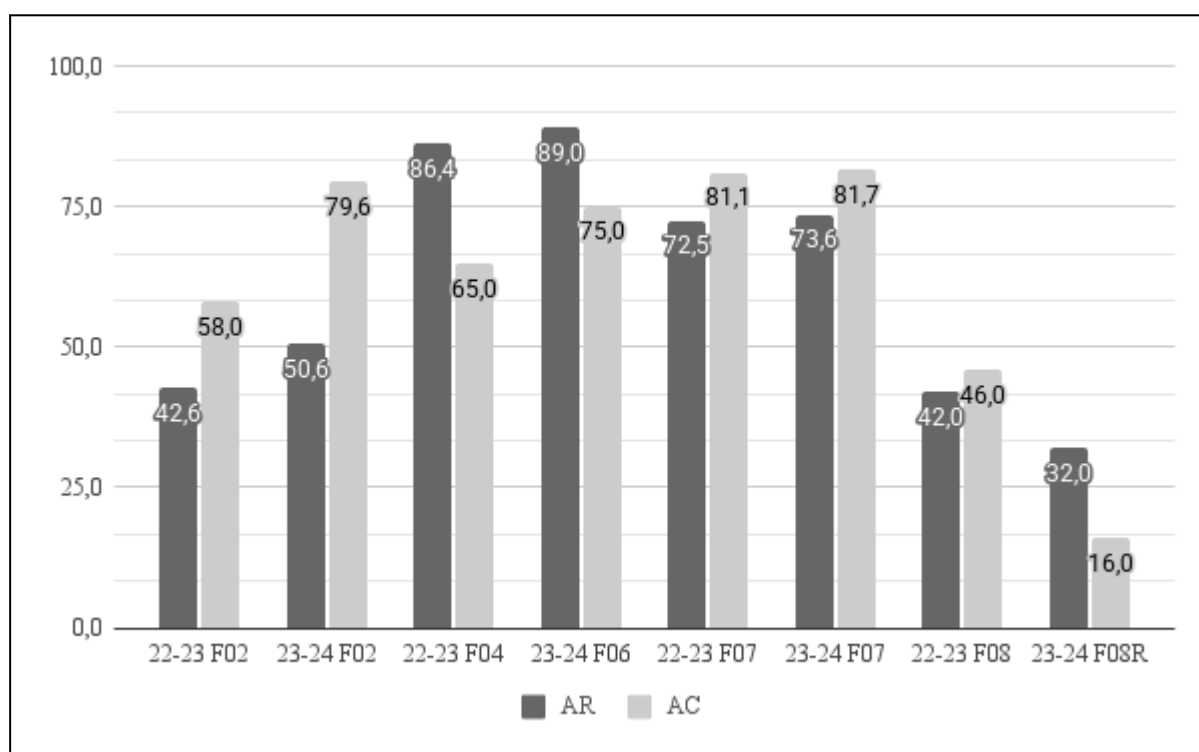


Figura 3 - Comparativo de produtividade de soja (sc ha⁻¹) entre os sistemas de agricultura regenerativa (AR) e agricultura conservacionista (AC) nos oito pares de talhões monitorados nas safras 2022/23 e 2023/24.

Em F04AR202223, a AR alcançou produtividade 32,9% maior que o AC, com maior número de operações. Isso demonstra que a AR, quando bem estruturada e integrando múltiplas práticas como calagem, fertilização orgânica, cloreto de potássio, biofertilizantes, bioinsumos e pesticidas, tem potencial para superar o AC em termos de produtividade. Fenster, Oikawa e Lundgren (2021) corroboram que o desempenho da AR é resultado do desenvolvimento de um sistema que combina múltiplas práticas. Uma das principais confirmações da literatura é a tendência de menores produtividades nos primeiros anos de transição para a AR, como pode ser observado na figura 3.

Os comparativos F02AR202223 vs F02AC202223 (AR com 26,5% menos rendimento), F02AR202324 vs F02AC202324 (AR com 36,4% menos), F07AR202223 vs F07AC202223 (AR com 10,6% menos), F07AR202324 vs F07AC202324 (AR com 9,9% menos) e F08AR202223 vs F08AC202223 (AR com 8,7% menos) demonstram essa realidade, como se pode observar no Quadro 2. Ngwira et al. (2013) também observaram que os benefícios da agricultura conservacionista, semelhantes à AR, na produtividade do milho podem levar tempo para aparecer em ambientes mais úmidos. O Quadro 5 mostra, para cada fazenda/safra, a produtividade de ambos os sistemas de manejo (AR e AC), a diferença absoluta da produtividade entre eles (Δ sc/ha), a diferença relativa à AC ($\Delta\%$), e data de plantio de ambos os sistemas.

Quadro 5 - Síntese dos oito pares de talhões comparados nos sistemas de produção de agricultura regenerativa (AR) e conservacionista (AC) da cultura da soja, para as safras 2022/23 e 2023/24, com produtividade média em sacas por hectare, variação absoluta e relativa entre os sistemas produtivos e data de plantio.

Fazenda/ Safra	Prod. AR (sc/ha)	Prod. AC (sc/ha)	Δ Prod (sc/ha)	Δ Prod (%)	Plantio AR	Plantio AC
F02 22/23	42,6	58,0	15,4	26,5	06/10/22	12/10/22
F02 23/24	50,6	79,6	29,0	36,4	14/10/23	24/10/23
F04 22/23	86,4	65,0	21,4	32,9	24/09/22	08/10/22
F06 23/24	89,0	75,0	14,0	18,7	16/10/23	06/10/23
F07 22/23	72,5	81,1	8,6	10,6	20/10/22	20/10/22
F07 23/24	73,6	81,7	8,1	9,9	01/10/23	05/10/23
F08 22/23	42,0	46,0	4,0	8,7	22/12/22	18/12/22

F08 23/24	32,0	16,0	16,0	100,0	26/12/23	10/12/23
-----------	------	------	------	-------	----------	----------

Fonte: Elaboração própria.

A recorrência de menores produtividades no manejo com AR em um ano ou safra, seguida por sucessos notáveis em outras ou em safras subsequentes, reforça a ideia de que a AR é um processo contínuo de construção e adaptação. Soto (2021) e Jat et al. (2014) indicaram que os benefícios da AR podem levar de 2 a 3 anos para se tornarem visíveis.

É reconhecido pela literatura científica que a transição para AR pode inicialmente resultar em produtividades menores. Ainda assim, essas perdas de produção podem ser compensadas por menores custos de insumos (Khangura et al., 2023). Em sistemas de cultivo de milho, estudados por LaCanne e Lundgren (2018), a superioridade econômica da AR sobre o AC foi impulsionada pelos altos custos de sementes e fertilizantes incorridos na AC. Em contraste, os sistemas regenerativos reduziram os custos de fertilizantes por meio de plantas de cobertura, práticas de plantio direto e integração pecuária. De modo geral, os sistemas de plantio direto exigiram menores custos operacionais e proporcionaram maiores retornos econômicos em comparação com a AC (Sharma; Abrol; Sharma, 2011).

Estudo realizado por Fenster, Oikawa e Lundgren (2021) em pomares de amêndoa constatou que os rendimentos foram semelhantes entre AR e CT. Porém, os lucros foram duas vezes maiores em pomares regenerativos. Isso ocorreu porque estes receberam um preço diferenciado pelas amêndoas (certificação orgânica). Além disso, mesmo sem um prêmio, espera-se que a lucratividade das amêndoas em AR seja igual ou maior devido ao potencial de redução de custos de insumos. Esses princípios de redução de custos e aumento de retornos econômicos, impulsionados pela diminuição de insumos e uso de práticas regenerativas, potencialmente se aplicam também à cultura da soja, embora estudos específicos comparando AR e AC para soja no contexto econômico brasileiro sejam necessários para confirmação.

5. Considerações finais

A maioria das comparações demonstra produtividades iniciais mais baixas para a agricultura regenerativa (AR). Isso é consistente com as descobertas de Soto (2021) e Jat et al.

(2014), de que os benefícios da AR podem não ser visíveis nos primeiros dois a três anos, mas se tornam mais produtivos e lucrativos a longo prazo, à medida que a saúde do solo melhora.

A pesquisa confirma a tendência de menores rendimentos nos primeiros anos, período de transição para a AR, e que os benefícios podem levar mais de dois anos para serem visíveis. No entanto, os dados apresentados se concentram principalmente nesses períodos iniciais de transição, carecendo de acompanhamento de longo prazo para mensurar os benefícios completos e o desempenho a longo prazo dos sistemas AR e AC, conforme sugerido pela literatura.

Além disso, os resultados variam significativamente entre as comparações, uma vez que fatores como a cultivar utilizada, as condições edafoclimáticas e a especificidade das práticas adotadas influenciam fortemente o desempenho. Nesse sentido, Giller et al. (2021) alertam que as tecnologias de AR são específicas ao local e à situação, o que reforça a necessidade de cautela ao extrapolar os resultados e destaca a importância de avaliações contínuas e contextualizadas.

O uso intensivo de pesticidas sintéticos nos itinerários AC pode oferecer controle imediato de pragas e doenças, aumentando a produtividade a curto prazo. No entanto, Khangura et al. (2023) apontam que os pesticidas podem ter impactos negativos na diversidade microbiana do solo e em suas funções. O paradoxo observado por LaCanne e Lundgren (2018), onde fazendas tratadas com inseticidas apresentaram mais pragas, sugere uma potencial degradação da resiliência natural do ecossistema.

O sucesso dos manejos F04AR202223 e F08AR202324 demonstra que a integração de bioinsumos com pesticidas químicos, juntamente com um forte suporte biológico e nutricional, pode resultar em maior resiliência fitossanitária e eficiência no uso de recursos, superando a AC mesmo com maior intensidade operacional. Contudo, é fundamental ressaltar a necessidade de continuidade das pesquisas, a fim de confirmar ou refutar essas conclusões iniciais.

Embora a pesquisa mencione que a AR pode se tornar mais produtiva e lucrativa a longo prazo, e que alguns destes manejos tenham tido maior número de operações agrícolas, é necessária uma análise explícita dos custos e da rentabilidade econômica dos diferentes sistemas (AR vs. AC). Esses achados reforçam a importância de considerar não apenas a produtividade, mas também os custos operacionais, a fim de analisar a viabilidade econômica desses sistemas de manejo.

Referências

BARROWCLOUGH, M. *et al.* Conservation agriculture on steep slopes in the Andes: Promise and obstacles. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 71, n. 2, p. 91–102, 1 mar. 2016.

CARNEIRO FILHO, Arnaldo; COSTA, Karine. **A expansão da soja no cerrado. Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável**. São Paulo, Agroicone, p. p1-30, 2016.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro 2023.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 12, safra 2024/25, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro 2025.

FENSTER, T. L. D.; OIKAWA, P. Y.; LUNDGREN, J. G. Regenerative Almond Production Systems Improve Soil Health, Biodiversity, and Profit. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 664359, 10 ago. 2021.

FRANCIS, Charles A.; HARWOOD, Richard R.; PARR, James F. The potential for regenerative agriculture in the developing world. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 65–74, 1986.

GOSNELL, Hannah; GILL, Nicholas; VOYER, Michelle. Transformational adaptation on the farm: Processes of change and persistence in transitions to ‘climate-smart’ regenerative agriculture. **Global Environmental Change**, v. 59, p. 101965, nov. 2019.

GUIDUCCI, R. do C. N., ALVES E. R. de A., LIMA FILHO J. R. de, MOTA M.M.. Aspectos Metodológicos Da Análise De Viabilidade Econômica De Sistemas De Produção. In: **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários: metodologia e estudos de caso**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

JAT, Raj Kumar *et al.* Seven years of conservation agriculture in a rice–wheat rotation of Eastern Gangetic Plains of South Asia: Yield trends and economic profitability. **Field Crops Research**, v. 164, p. 199–210, ago. 2014.

KHANGURA, Ravjit *et al.* Regenerative Agriculture—A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health. **Sustainability**, v. 15, n. 3, p. 2338, 27 jan. 2023.

LACANNE, Claire E.; LUNDGREN, Jonathan G. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. **PeerJ**, v. 6, p. e4428, 26 fev. 2018.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em:
https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 25 set 2025.

MCLENNON, Everaldo *et al.* Regenerative agriculture and integrative permaculture for sustainable and technology driven global food production and security. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 6, p. 4541–4559, nov. 2021.

MUHIE, Seid Hussen. Novel approaches and practices to sustainable agriculture. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 10, p. 100446, dez. 2022.

NAAB, J. B. *et al.* Conservation Agriculture Improves Soil Quality, Crop Yield, and Incomes of Smallholder Farmers in North Western Ghana. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 996, 21 jun. 2017.

NEWTON, Peter *et al.* What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 577723, 26 out. 2020.

NGWIRA, Amos Robert; THIERFELDER, Christian; LAMBERT, Dayton M. Conservation agriculture systems for Malawian smallholder farmers: long-term effects on crop productivity, profitability and soil quality. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 28, n. 4, p. 350–363, dez. 2013.

REGENERA CERRADO: cultivando a sustentabilidade. Disponível em:
<https://www.forumdofuturo.org/regenera-cerrado>. Acesso em: 23 set 2025.

RHODES, Christopher J. Feeding and Healing the World: Through Regenerative Agriculture and Permaculture. **Science Progress**, v. 95, n. 4, p. 345–446, dez. 2012.

RHODES, Christopher J. The Imperative for Regenerative Agriculture. **Science Progress**, v. 100, n. 1, p. 80–129, mar. 2017.

ROSA-SCHLEICH, Julia *et al.* Ecological-economic trade-offs of Diversified Farming Systems – A review. **Ecological Economics**, v. 160, p. 251–263, jun. 2019.

SANTOS, L. R. O; SILVA, R.M. **Goiás em dados 2024** – Goiânia: Instituto Mauro Borges, 2025.

SCHREEFEL, L. *et al.* Regenerative agriculture – the soil is the base. **Global Food Security**, v. 26, p. 100404, set. 2020.

SHARMA, Peeyush; ABROL, Vikas; SHARMA, R. K. Impact of tillage and mulch management on economics, energy requirement and crop performance in maize–wheat rotation in rainfed subhumid inceptisols, India. **European Journal of Agronomy**, v. 34, n. 1, p. 46–51, jan. 2011.

SOTO, Raquel Luján. Restoring soil quality of woody agroecosystems in Mediterranean drylands through regenerative agriculture. 2021.

VASTOLA, A. *et al.* A comparative multidimensional evaluation of conservation agriculture systems: A case study from a Mediterranean area of Southern Italy. **Land Use Policy**, v. 68, p.

326–333, nov. 2017.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio. A produção de soja e sua importância na economia brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. v33, n. e01962, 2024.