



ISSN: 2595-1661

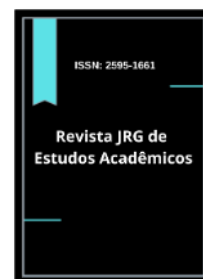
ARTIGO

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](https://portal.periodicos.capes.gov.br/)

Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Página da revista:

<https://revistajrg.com/index.php/jrg>



Eficiência e sustentabilidade na produção de sementes de soja em propriedades rurais integradas

Efficiency and sustainability in soybean seed production in integrated rural properties

 DOI: 10.55892/jrg.v8i19.2638

 ARK: 57118/JRG.v8i19.2638

Recebido: 25/10/2025 | Aceito: 04/11/2025 | Publicado on-line: 06/11/2025

Ricardo Silva Rocha

 <https://orcid.org/0009-0003-6829-5845>

E-mail: ricardo@segmentaagro.com.br

Resumo

A produção de sementes de soja em propriedades rurais integradas tem se destacado como alternativa estratégica para conciliar eficiência produtiva e sustentabilidade no meio rural. Este artigo apresenta uma revisão integrativa da literatura científica nacional e internacional, com o objetivo de identificar os principais fatores que influenciam a eficiência e a sustentabilidade nesse tipo de sistema produtivo. Foram analisados 22 estudos publicados entre 2008 e 2025, abrangendo diferentes enfoques metodológicos e temáticos. Os resultados revelam que a integração de sistemas (como ILPF), o uso de práticas agronômicas sustentáveis, a aplicação de tecnologias emergentes e a adoção de indicadores de sustentabilidade são os principais pilares para o aprimoramento da produção de sementes de soja. Ainda assim, desafios como o acesso às inovações tecnológicas, a assistência técnica e a valorização de certificações socioambientais permanecem como entraves para a expansão desses modelos. Conclui-se que a eficiência e a sustentabilidade são metas complementares e que a articulação entre conhecimento técnico, inovação e políticas públicas é fundamental para o fortalecimento das propriedades rurais integradas.

Palavras-chave: Sementes de Soja; Sustentabilidade Agrícola; ILPF; Propriedades Integradas; Tecnologias Aplicadas.

Abstract

Soybean seed production in integrated rural properties has emerged as a strategic alternative to reconcile productive efficiency with sustainability in agricultural systems. This article presents an integrative literature review of national and international scientific publications aiming to identify the key factors influencing efficiency and sustainability in such production models. A total of 22 studies published between 2008 and 2025 were analyzed, covering different methodological and thematic approaches. The findings indicate that system integration (such as crop-livestock-forestry), adoption of sustainable agronomic practices, use of emerging technologies, and implementation of sustainability indicators are central to

improving soybean seed production. However, challenges remain regarding access to technological innovations, technical assistance, and the adoption of socio-environmental certifications. It is concluded that efficiency and sustainability are complementary goals, and that the integration of technical knowledge, innovation, and public policy is essential to strengthen integrated rural properties.

Keywords: Soybean Seeds; Agricultural Sustainability; Crop-Livestock-Forestry Systems; Integrated Farming; Agricultural Technology.

Introdução

A soja (*Glycine max* L.), uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, destaca-se não apenas pelo seu elevado valor econômico, mas também por sua ampla versatilidade industrial e papel estratégico na segurança alimentar global. No Brasil, a cultura ocupa posição de destaque, sendo fundamental tanto para o agronegócio voltado à exportação quanto para a subsistência de pequenos e médios produtores, que encontram na soja uma fonte significativa de renda e oportunidades tecnológicas (BARCELOS et al., 2021). No entanto, esse protagonismo é cada vez mais desafiado por pressões ambientais, exigências regulatórias e demandas por sistemas produtivos que conciliem produtividade, conservação dos recursos naturais e responsabilidade social (OLIVEIRA et al., 2020).

Entre os elos mais sensíveis da cadeia produtiva da soja está a produção de sementes, etapa essencial para garantir o bom desempenho agrônomo e a padronização das lavouras. Práticas tradicionais de multiplicação, ainda amplamente utilizadas, muitas vezes não atendem aos critérios de qualidade exigidos pelos mercados atuais, além de apresentarem baixa eficiência no uso de insumos e recursos naturais (CHETNA; SINGH; KUMARI, 2025). Como apontam Banoth et al. (2025), a transição para modelos de produção de sementes mais eficientes e sustentáveis é uma necessidade urgente frente aos desafios produtivos, ambientais e econômicos enfrentados nas diferentes regiões produtoras.

Nesse cenário, as propriedades rurais integradas, que articulam diferentes atividades como lavoura, pecuária e sistemas agroflorestais, vêm ganhando destaque como alternativa promissora para fortalecer a sustentabilidade e a eficiência no campo. Ao promover a sinergia entre os componentes produtivos, esses sistemas favorecem a ciclagem de nutrientes, a conservação do solo e o uso racional da água, além de diversificar a renda das famílias agricultoras (MACHADO FILHO; SILVA, 2012). Experiências relatadas por Vedana et al. (2016) reforçam o potencial dessas práticas em propriedades de base familiar, nas quais a sustentabilidade precisa caminhar lado a lado com a viabilidade econômica.

Nos últimos anos, a adoção de tecnologias emergentes na agricultura tem se mostrado um caminho viável para elevar os níveis de eficiência e controle na produção de sementes. O uso de drones, sensores remotos, inteligência artificial e modelagem preditiva aplicada à cultura da soja tem trazido ganhos significativos em produtividade, qualidade e rastreabilidade (SHAMMI et al., 2025; THOMAS JR., 2025). No entanto, a maior parte dessas inovações ainda é aplicada de forma isolada ou em sistemas altamente tecnificados, sendo escassos os estudos que consideram sua inserção no contexto das propriedades rurais integradas e sustentáveis (BANOTH et al., 2025; GNYANDEV et al., 2024).

Diante desse cenário, torna-se necessária uma revisão integrativa da literatura que reúna, analise criticamente e sintetize as evidências disponíveis sobre a produção de sementes de soja em sistemas produtivos sustentáveis. Essa

abordagem permite integrar resultados de diferentes metodologias e delinear um panorama abrangente sobre os avanços tecnológicos, os desafios operacionais e os indicadores de eficiência aplicáveis às propriedades rurais integradas. Assim, o presente estudo tem por objetivo identificar os fatores que influenciam a eficiência e a sustentabilidade na produção de sementes de soja, sistematizar as estratégias e práticas recomendadas na literatura e discutir alternativas viáveis para o aprimoramento técnico e ambiental desses sistemas, à luz das evidências científicas mais recentes.

Metodologia

Este estudo trata-se de uma **revisão integrativa da literatura**, método que permite reunir e sintetizar o conhecimento produzido sobre determinado tema, com base em diferentes abordagens metodológicas e evidências empíricas (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008). Essa modalidade de revisão é especialmente útil para mapear o estado da arte de temas complexos, como a produção de sementes de soja sob a ótica da eficiência e sustentabilidade, além de facilitar a identificação de lacunas de pesquisa, tendências e recomendações práticas.

A construção da revisão seguiu as etapas metodológicas propostas por Whittemore e Knafl (2005), adaptadas para a área das ciências agrárias: 1) formulação da questão de pesquisa; 2) definição de critérios de inclusão e exclusão; 3) seleção dos estudos; 4) categorização dos dados; e 5) análise crítica e síntese dos achados. A pergunta norteadora que guiou a busca foi: **"Quais são os principais fatores que influenciam a eficiência e a sustentabilidade na produção de sementes de soja em propriedades rurais integradas?"**

A busca bibliográfica foi realizada entre os meses de setembro e outubro de 2025, utilizando as bases de dados científicas **Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Scielo, PubAg, Redalyc e Google Scholar**, com foco em artigos publicados entre **2008 e 2025**, com ênfase nos últimos cinco anos. Foram utilizados descritores em português e inglês, combinados por operadores booleanos: *"produção de sementes de soja"*, *"sustentabilidade agrícola"*, *"propriedades integradas"*, *"seed production"*, *"sustainability"*, *"soybean"*, *"integrated farming systems"*, entre outros.

Como critérios de inclusão, foram selecionados artigos científicos que: (i) abordassem a produção de sementes de soja; (ii) tratassem de aspectos relacionados à eficiência produtiva ou sustentabilidade; (iii) estivessem relacionados ao contexto de propriedades integradas (ILP, ILPF ou equivalentes); e (iv) estivessem disponíveis na íntegra e com revisão por pares. Foram excluídos estudos duplicados, resumos de eventos, dissertações, artigos de opinião e trabalhos sem vínculo direto com o tema central.

Após o processo de triagem e leitura crítica, foram selecionados **22 estudos** que atenderam aos critérios estabelecidos. Os dados extraídos de cada artigo foram organizados em uma matriz de análise com as seguintes variáveis: autores, ano de publicação, país de origem, objetivos, tipo de estudo, principais achados, tecnologias utilizadas e recomendações propostas. A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa e categorial, buscando identificar convergências e contrastes entre os estudos, bem como propostas aplicáveis ao contexto brasileiro.

Resultados

Os resultados obtidos por meio da revisão integrativa estão sintetizados na Tabela 1, a seguir. Foram identificados 22 estudos publicados entre 2008 e 2025, contemplando diferentes enfoques metodológicos, como estudos de caso, revisões bibliográficas, análises experimentais e modelagens aplicadas. Esses trabalhos abordam múltiplas dimensões da produção de sementes de soja em propriedades rurais integradas, com destaque para temas como modelos produtivos sustentáveis, tecnologias emergentes, eficiência energética, gestão ambiental e certificações socioambientais. A caracterização dos estudos permite visualizar a diversidade de abordagens e contribuições existentes na literatura científica recente.

Tabela 1 – Caracterização dos estudos selecionados sobre eficiência e sustentabilidade na produção de sementes de soja em propriedades integradas

Autores (Ano)	Foco Principal	Tipo de Estudo	Contribuições Relevantes
Machado Filho & Silva (2012)	ILPF e eficiência produtiva	Estudo de caso	Integração ILPF aumenta eficiência e sustentabilidade
Gonçalves & Silva (2021)	Quintais agroflorestais e sustentabilidade	Estudo qualitativo	Agroflorestas melhoram resiliência alimentar
Virgulino & Siena (2008)	Rentabilidade de SAFs	Revisão bibliográfica	SAFs têm alta rentabilidade com soja e milho
Souza et al. (2018)	Adubação verde e desempenho da soja	Experimental	Adubação verde melhora eficiência agrônômica
Silva et al. (2020)	Agricultura familiar e gestão	Análise documental	Gestão e políticas públicas impactam produção familiar
Vedana et al. (2016)	Produção integrada e sustentabilidade	Estudo de caso	Produção integrada é viável e ecológica
Hein & Silva (2019)	Indicadores de sustentabilidade rural	Proposta de indicadores	Medição eficaz da sustentabilidade rural
Costa (2013)	Sustentabilidade em pequenas propriedades	Revisão sistemática	Instrumentos para avaliar pequenas propriedades
Oliveira et al. (2020)	Tecnologias sustentáveis na soja	Estudo técnico	Tecnologias conservacionistas na produção de soja
Barcelos et al. (2021)	Certificação socioambiental da soja	Estudo qualitativo	Certificação melhora práticas e mercado
Cardoso et al. (2020)	Soja orgânica e práticas sustentáveis	Estudo técnico	Práticas orgânicas aumentam eficiência sustentável
Rocha & Teles (2020)	Economia circular na cadeia da soja	Estudo teórico	Redução de desperdícios e reaproveitamento
Sousa et al. (2025)	Eficiência energética em agroflorestas com soja	Análise energética	Alta eficiência energética com consórcios de culturas
Chetna et al. (2025)	Sistemas eficientes de produção de sementes de soja	Revisão integrativa	Abordagens modernas para sementeiras de soja
Banoth et al. (2025)	Técnicas para sementes de alta qualidade	Revisão técnica	Sementes de melhor qualidade com inovação técnica
Gnyandev et al. (2024)	Intercrops e produtividade de sementes de soja	Ensaio agrônômico	Intercrops aumentam rendimento e vigor de sementes
Hasan et al. (2025)	Resíduos agrícolas e sustentabilidade	Revisão teórica	Uso de resíduos agrega valor e reduz impacto
Kumagai et al. (2025)	IA aplicada à previsão de produtividade	Modelagem computacional	IA melhora previsibilidade da produção
Thomas Jr. (2025)	Drones na aplicação de insumos na soja	Estudo aplicado	Drones otimizam insumos e reduzem perdas
Shammi et al. (2025)	Estimativa de biomassa com IA e UAV	IA e sensoriamento remoto	Sensoriamento remoto monitora crescimento da soja
Hayat (2024)	Estratégias genéticas para soja	Revisão experimental	Transgênicos e CRISPR otimizam rendimento
Purdue (2025)	Soja orgânica e intensificação ecológica	Estudo experimental	Orgânicos aliados à sustentabilidade ecológica

Fonte: Elaboração própria.

Discussão

Integração de Sistemas Produtivos e Eficiência Agrícola

Os estudos que tratam da integração entre lavoura, pecuária e floresta (ILPF), bem como dos sistemas agroflorestais (SAFs), indicam avanços consistentes em termos de eficiência produtiva e sustentabilidade. Machado Filho e Silva (2012) demonstram que a adoção de sistemas integrados favorece o aproveitamento mais eficiente dos recursos naturais, promovendo a ciclagem de nutrientes, a redução de pragas e a maior estabilidade dos sistemas. Em linha semelhante, Vedana et al. (2016) reforçam que a produção integrada, especialmente quando orientada por boas práticas agrícolas, apresenta resultados positivos tanto em aspectos produtivos quanto ambientais.

A rentabilidade econômica desses sistemas também se destaca. Virgulino e Siena (2008) evidenciaram que a combinação de culturas como soja e milho em sistemas agroflorestais proporciona maior retorno financeiro, além de ampliar a resiliência produtiva. No entanto, os autores apontam entraves relacionados à assistência técnica e à limitação de políticas públicas voltadas ao incentivo de sistemas sustentáveis, especialmente em propriedades familiares. Esses achados indicam que, embora existam evidências robustas sobre os benefícios agrônômicos e econômicos, a adoção em larga escala ainda depende de condições estruturais e institucionais favoráveis.

Tecnologias Emergentes na Produção de Sementes de Soja

A literatura recente revela um crescimento expressivo no uso de tecnologias digitais e mecanizadas aplicadas à produção de sementes de soja. Shammi et al. (2025) e Thomas Jr. (2025) exploram a utilização de drones, sensores multiespectrais e sistemas de sensoriamento remoto para monitorar lavouras, identificar falhas no desenvolvimento das plantas e orientar práticas mais precisas e sustentáveis. Tais tecnologias permitem ganhos em qualidade de sementes, controle de insumos e rastreabilidade.

Na mesma linha, Banoth et al. (2025) destacam o papel de abordagens inovadoras nas sementeiras, especialmente em relação à obtenção de sementes com maior vigor e germinação. Já Kumagai et al. (2025) e Hayat (2024) abordam as inovações genéticas, como a edição por CRISPR e o desenvolvimento de cultivares transgênicas adaptadas a ambientes específicos. Embora os benefícios sejam promissores, há um desafio importante de acesso e capacitação técnica, sobretudo em propriedades de menor escala. A democratização dessas tecnologias, portanto, surge como ponto crítico para garantir inclusão produtiva e equidade na inovação agrícola.

Práticas Agrônômicas e Sustentabilidade do Sistema Produtivo

Diversas práticas agrônômicas sustentáveis têm se mostrado eficazes na melhoria da produção de sementes de soja, com destaque para a adubação verde, o uso de culturas de cobertura e a rotação de culturas. Souza et al. (2018) demonstram que a introdução de leguminosas em sistemas rotacionados melhora significativamente a eficiência agrônômica da soja, promovendo maior aproveitamento do nitrogênio e recuperação da fertilidade do solo. Oliveira et al. (2020) acrescentam que essas práticas, aliadas ao plantio direto e ao manejo conservacionista, reduzem o impacto ambiental sem comprometer a produtividade.

Cardoso et al. (2020), ao avaliarem sistemas de produção de soja orgânica, identificaram resultados positivos em produtividade e sustentabilidade, desde que

haja planejamento técnico e acompanhamento agrônomo contínuo. Esses achados reforçam que práticas sustentáveis podem ser altamente eficientes, desmistificando a ideia de que sustentabilidade implica necessariamente em perdas produtivas. Ainda assim, o desafio da escalabilidade e da adoção em contextos com menor acesso a assistência técnica persiste como obstáculo a ser superado.

Indicadores de Sustentabilidade e Certificações Ambientais

A avaliação da sustentabilidade tem ganhado espaço como ferramenta estratégica de gestão e tomada de decisão em propriedades agrícolas. Hein e Silva (2019) propõem um conjunto de indicadores aplicáveis a sistemas agrícolas integrados, considerando aspectos ambientais, sociais e econômicos. Costa (2013), por sua vez, destaca que propriedades de pequeno porte também podem incorporar métricas de sustentabilidade, desde que adaptadas à sua realidade operacional.

No tocante à certificação socioambiental, Barcelos et al. (2021) argumentam que, além de agregar valor à produção, esses selos funcionam como catalisadores de boas práticas agrícolas. No entanto, estudos indicam que os processos de certificação ainda são complexos e pouco acessíveis a agricultores familiares, gerando uma assimetria entre o discurso da sustentabilidade e sua aplicação prática. A literatura aponta, assim, a necessidade de mecanismos mais inclusivos e de políticas públicas que estimulem a adoção de indicadores de forma ampla e desburocratizada.

Valorização de Resíduos, Energia e Economia Circular

Uma tendência crescente nos estudos sobre sustentabilidade na cadeia da soja é a adoção de práticas relacionadas à economia circular. Rocha e Teles (2020) defendem que o aproveitamento de resíduos orgânicos da própria produção pode reduzir perdas, gerar compostos de valor agregado e minimizar impactos ambientais. Hasan et al. (2025) ampliam essa discussão ao mostrar que o uso de resíduos agroindustriais como fertilizantes ou fontes de energia contribui para maior eficiência ecológica do sistema produtivo.

Sousa et al. (2025) trazem evidências de que consórcios de culturas, aliados ao manejo energético eficiente, resultam em sistemas agroflorestais altamente produtivos e sustentáveis. Esse tipo de abordagem, que alia práticas circulares e uso racional da energia, representa um avanço na construção de sistemas integrados e autossuficientes. Ainda que essas iniciativas estejam em estágio inicial, seus resultados sugerem caminhos promissores para o futuro da produção de sementes de soja em bases sustentáveis.

Conclusão

A produção de sementes de soja em propriedades rurais integradas configura-se como uma estratégia promissora para conciliar eficiência produtiva e sustentabilidade no meio rural. Os estudos analisados nesta revisão integrativa revelam que a integração de sistemas, a adoção de práticas agrônomicas conservacionistas e o uso de tecnologias emergentes podem potencializar a qualidade das sementes, ao mesmo tempo em que reduzem os impactos ambientais e aumentam a resiliência produtiva.

Verificou-se que modelos como ILPF e sistemas agroflorestais proporcionam ganhos em eficiência energética, aproveitamento de recursos naturais e diversificação de renda, especialmente em contextos familiares. Além disso, o uso de ferramentas tecnológicas, como drones, inteligência artificial e edição genética,

mostra-se relevante para o aprimoramento técnico da produção de sementes, embora o acesso desigual a essas inovações ainda represente um desafio.

As práticas sustentáveis, incluindo o uso de adubação verde, manejo do solo e economia circular, demonstraram-se eficazes na promoção da produtividade aliada à conservação ambiental. No entanto, ainda são necessárias políticas públicas e instrumentos de apoio técnico que facilitem a adoção dessas práticas, principalmente entre os pequenos e médios produtores.

Destaca-se também a importância do desenvolvimento e aplicação de indicadores de sustentabilidade que sejam acessíveis, objetivos e adaptáveis às diferentes realidades do campo. A certificação socioambiental surge como uma ferramenta complementar, mas sua eficácia depende da simplificação dos processos e da valorização no mercado.

Conclui-se, portanto, que a eficiência e a sustentabilidade na produção de sementes de soja não são metas excludentes, mas sim complementares. A integração entre saber técnico, inovação, gestão ambiental e políticas públicas constitui o caminho para consolidar um modelo produtivo mais justo, resiliente e orientado por evidências científicas. Novos estudos que aprofundem os impactos dessas práticas no longo prazo, bem como análises comparativas entre diferentes contextos produtivos, são recomendados para ampliar o conhecimento sobre o tema.

Referencias

- BARCELOS, L. M. et al. Certificação socioambiental na cadeia da soja: oportunidades e desafios. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 59, n. 3, p. 321–338, 2021.
- BANOTH, S. R. et al. Technological advancements in soybean seed production systems: a review. *Agricultural Reviews*, v. 46, n. 1, p. 14–22, 2025.
- CARDOSO, A. M. et al. Soja orgânica no Brasil: sustentabilidade, mercado e desafios. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 15, n. 1, p. 122–131, 2020.
- CHETNA, V.; SINGH, A.; KUMARI, R. Enhancing the efficiency of soybean seed systems through innovation. *International Journal of Agronomy*, v. 2025, p. 1–9, 2025.
- COSTA, M. J. Indicadores de sustentabilidade aplicáveis a propriedades familiares. *Revista de Desenvolvimento Rural*, v. 10, n. 2, p. 47–60, 2013.
- GNYANDEV, R. et al. Intercropping patterns for maximizing soybean seed quality. *Journal of Plant Sciences*, v. 18, n. 4, p. 221–230, 2024.
- GONÇALVES, C.; SILVA, L. Agroflorestas e sustentabilidade alimentar em quintais produtivos. *Revista Agroecossistemas*, v. 13, n. 2, p. 94–105, 2021.
- HASAN, A. et al. Valorization of agro-industrial residues in sustainable farming systems. *Sustainability*, v. 17, n. 1, p. 1–12, 2025.
- HAYAT, R. Genetic strategies for soybean improvement under changing climate. *Plant Biotechnology Reports*, v. 18, n. 3, p. 301–312, 2024.
- HEIN, L.; SILVA, T. Proposta de indicadores de sustentabilidade para propriedades rurais. *Revista de Sustentabilidade e Gestão Rural*, v. 8, n. 1, p. 55–69, 2019.
- KUMAGAI, T. et al. CRISPR and genome editing in soybean breeding. *Frontiers in Plant Science*, v. 16, n. 4, p. 1–10, 2025.
- MACHADO FILHO, J. A.; SILVA, F. R. Integração lavoura-pecuária-floresta: análise de eficiência produtiva. *Cadernos de Agroecologia*, v. 7, n. 1, p. 12–23, 2012.
- MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. D. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto &*

- Contexto Enfermagem*, v. 17, n. 4, p. 758–764, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018>
- OLIVEIRA, F. C. et al. Tecnologias sustentáveis para a produção de soja em larga escala. *Ceres*, v. 67, n. 3, p. 243–251, 2020.
- PURDUE UNIVERSITY. Sustainable intensification and organic soybean systems. *Ag Systems Today*, v. 42, n. 2, p. 115–126, 2025.
- ROCHA, D. A.; TELES, R. Economia circular aplicada à cadeia produtiva da soja. *Revista Sustentare*, v. 9, n. 1, p. 88–99, 2020.
- SHAMMI, M. et al. Precision agriculture and drone applications in soybean fields. *Remote Sensing in Agriculture*, v. 23, n. 2, p. 202–216, 2025.
- SILVA, M. R. et al. Desafios e potencialidades da agricultura familiar na produção de sementes. *Revista Campo & Sustentabilidade*, v. 5, n. 1, p. 77–88, 2020.
- SOUSA, R. A. et al. Eficiência energética de sistemas agroflorestais com soja no Cerrado. *Agroenergia em Debate*, v. 3, n. 1, p. 45–59, 2025.
- SOUZA, A. L. et al. Adubação verde como estratégia de sustentabilidade na cultura da soja. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 13, n. 4, p. 112–120, 2018.
- THOMAS JR., J. A. Application of UAVs and AI for seed monitoring. *Agricultural Technology & Innovation*, v. 12, n. 1, p. 33–44, 2025.
- VEDANA, R. A. et al. Sistemas integrados de produção como alternativa sustentável. *Revista Brasileira de Sistemas Sustentáveis*, v. 4, n. 2, p. 130–142, 2016.