

Londrina, PR / Outubro, 2024

Tipificação e caracterização de municípios produtores de soja no Bioma Cerrado

André Steffens Moraes⁽¹⁾, Maria do Carmo Ramos Fasiaben⁽²⁾, Maxwell Merçon Tezolin Barros Almeida⁽³⁾, Octávio Costa de Oliveira⁽⁴⁾, Helano Póvoas de Lima⁽⁵⁾, Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Oceanógrafo, doutor em Economia, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR; ⁽²⁾ Engenheira-agrônoma, doutora em Desenvolvimento Econômico, pesquisadora da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP; ⁽³⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, tecnologista da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, RJ; ⁽⁴⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências do Solo, tecnologista da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, RJ; ⁽⁵⁾ Cientista da computação, mestre em Ciência da Computação, analista da Embrapa Agricultura Digital, Campinas, SP; ⁽⁶⁾ Matemático, especialista em Estatística, Londrina, PR.

Resumo - Este estudo tem como objetivo classificar e descrever os sistemas de produção de soja no bioma Cerrado, utilizando dados do Censo Agropecuário de 2017, obtidos por meio de tabulações especiais. A aplicação de técnicas de aprendizado de máquina mostrou-se uma abordagem eficiente para alcançar esse objetivo. A Análise de clusters revelou a existência de três grupos entre os 685 municípios estudados, com base em características de produção e com foco no uso de tecnologias. A compreensão da diversidade dos sistemas empregados pelos agricultores é fundamental para o planejamento de ações voltadas à pesquisa agropecuária, à transferência de tecnologia e ao desenvolvimento rural, visando aumentar a eficiência desses sistemas no bioma. Entender as diferenças nos sistemas de produção de soja dos produtores permite a formulação de estratégias mais adequadas para diferentes realidades locais e evidencia como variações nas práticas agrícolas podem melhorar a produtividade. Além disso, o conhecimento das particularidades de cada cluster facilita a disseminação de inovações. O artigo lança luz no debate sobre indicadores na cultura da soja salientando a necessidade de se considerar outras perspectivas além da tecnológica, como a perspectiva da sustentabilidade socioambiental.

Termos para indexação: *Glycine max*; variáveis técnicas; variáveis econômicas; biomas; censo agropecuário.

Typification and characterization of soybean production systems in municipalities in the Cerrado Biome

Abstract - This study aims to classify and describe soybean production systems in the Cerrado biome, using data from the 2017 Agricultural Census, obtained through special tabulations. The application of machine learning techniques proved to be an efficient approach to achieve this objective. Cluster analysis revealed the existence of three groups among the 685 municipalities studied, based on production characteristics and focusing

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n,
acesso Orlando Amaral
Caixa Postal 4006,
CEP 86085-981
Distrito de Warta
Londrina, PR
(43) 3371 6000
www.embrapa.br/soja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
Presidente
Roberta Aparecida Carnevalli
Secretária-executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
Claudine Dinali Santos Seixas,
Clara Beatriz Hoffmann-Campo,
Fernando Augusto Henning, Ivani
de Oliveira Negrão Lopes, Leandro
Eugênio Cardamone Diniz, Maria
Cristina Neves de Oliveira, Mônica
Juliani Zavaglia Pereira e Norman
Neumaier

Edição executiva
Vanessa Fuzinato Dall'Agnol
Revisão de texto

Regina Maria Villas Bôas de
Campos Leite
Normalização
Valéria de Fátima Cardoso
(CRB- 9/1188)

Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio

Diagramação
Marisa Yuri Horikawa
Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

on the use of technologies. Understanding the diversity of systems used by farmers is essential for planning actions aimed at agricultural research, technology transfer, and rural development, aiming to increase the efficiency of these systems in the biome. Understanding the differences in producers' soybean production systems allows the formulation of more appropriate strategies for different local realities and highlights how variations in agricultural practices can improve productivity. In addition, knowledge of the particularities of each cluster facilitates the dissemination of innovations. This text sheds light on the debate on indicators in soybean cultivation, highlighting the need to consider other perspectives besides the technological one, such as the perspective of socio-environmental sustainability.

Index terms: *Glycine max*; technical variables; economic variables; biomes; agricultural census.

Introdução

A história de sucesso da modernização agrícola pela qual o Brasil tem sido frequentemente citado está ligada à expansão da fronteira de produção, especialmente à conversão do Cerrado em áreas agrícolas e impulsionada pela produção de grãos e fibras (soja, milho e algodão) e carne bovina. O desempenho produtivo e socioeconômico do Cerrado nas últimas cinco décadas é uma demonstração concreta do que pode ser alcançado pelo uso de tecnologias na agricultura, pela execução de políticas públicas, pelo empreendedorismo dos produtores e pela influência dos mercados, entre os principais fatores (Embrapa, 2018a; Santana et al., 2020).

Ocupando aproximadamente 24% do território nacional (204 milhões de hectares), a maior parte localizada no Planalto Central Brasileiro, o bioma Cerrado cobre, parcialmente, 12 estados do país (IBGE, 2004). Da área total do bioma, 139 milhões de hectares são cultiváveis, equivalente a 68,1% da área do bioma. Em 2022, as culturas anuais ocupavam 14 milhões de hectares, as pastagens cultivadas, 61 milhões de hectares e as culturas perenes, 3,5 milhões de hectares. Com aproximadamente 850 mil estabelecimentos agropecuários, o Cerrado é um importante produtor de alimentos, fibras e energia, contribuindo com parcelas significativas da produção brasileira de algodão (86%), sorgo (83%), soja (50%), milho (49%), feijão (43%), cana-de-açúcar (36%) e carne (34%) (Santana et al., 2020; Embrapa, 2022).

O Brasil é hoje líder mundial na produção de soja. Na safra 2022/2023, o Brasil produziu quase 155 milhões de toneladas de soja em uma área de cerca de 44 milhões de hectares, em 20 estados e no Distrito Federal (Conab, 2024), gerando 504,2 mil empregos, sendo a quarta maior empregadora da agropecuária (Cepea; Abiove, 2023). Em 2022, o valor da produção de soja no país alcançou R\$ 345 bilhões (IBGE, 2023). Neste ano, a cadeia da soja e do biodiesel representou 27% do PIB do agronegócio (R\$ 673,7 bilhões), gerou 10,8% dos empregos (2,05 milhões de pessoas) e alcançou 38% das exportações (US\$ 61,3 bilhões) do agronegócio brasileiro (Cepea; Abiove, 2023).

A expansão da cultura da soja no Cerrado iniciou na década de 1970, mas não houve expansão significativa na área colhida de soja no período 1975-1985. A partir do início dos anos 1990, como resultado dos primeiros impactos do processo de modernização da agricultura, essa participação expandiu substancialmente. Como consequência desse desenvolvimento, a área colhida de soja no Cerrado passou de 540 mil hectares em 1975 para 17,4 milhões de hectares em 2015. Em termos relativos, esses valores corresponderam, respectivamente, a 9% e a 54% do total do Brasil. Entre 1990 e 2000, houve um significativo aumento no número de microrregiões com área colhida superior a 500 mil hectares, sendo cinco microrregiões localizadas nos estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. A partir de 2005, surgem as primeiras microrregiões com área colhida maior que um milhão de hectares em Mato Grosso (Santana et al., 2020), e em 2017 já havia quatro microrregiões com área colhida de soja acima de um milhão de hectares nos estados de Mato Grosso, Bahia, Goiás e Mato Grosso do Sul (IBGE, 2022).

Em 1975 a contribuição do Cerrado para o valor total da produção das culturas permanentes e temporárias no Brasil foi de 18% do total. Em 2015, alcançou 41%, embora houvesse uma evolução desfavorável dos preços agrícolas nesse período (Santana et al., 2020). Entre os Censos Agropecuários de 2006 e 2017, o valor da produção de soja no Cerrado cresceu 176%, passando de R\$ 30 bilhões para R\$ 83 bilhões, a preços de dezembro de 2021. Nesse período, o percentual do valor da produção de soja do Cerrado no valor da produção de lavoura temporária do total de estabelecimentos agropecuários do país passou de 32% para 48% (Moraes et al., 2023).

Em contraposição aos inúmeros estudos que descrevem e enaltecem a ocupação e o sucesso do Cerrado como uma importante área agrícola para o país e a nível mundial, com progresso e produção de riquezas (Embrapa, 2018a; 2018b; Gazzoni; Dall'Agnol, 2018; Landau et al., 2020), também há outros estudos que criticam a forma como esse processo de ocupação tem ocorrido, com degradação ambiental e desigualdades criadas pelo modelo de produção e ocupação do espaço. Tais estudos salientam que as narrativas que elogiam os papéis da tecnologia, do investimento e da produtividade tendem a ignorar que este modelo de ocupação aprofundou tendências históricas de exclusão e concentração na distribuição de terras e da riqueza e agravou impactos ambientais tais como desmatamentos, emissão de gases de efeito estufa, perda de biodiversidade, degradação dos solos e de pastagens, uso inadequado de agroquímicos e esgotamento dos recursos hídricos, os quais podem afetar os rendimentos agrícolas e a rentabilidade das culturas no bioma, com quebra da estabilidade da produtividade e aumento do custo de produção (Flexor; Leite, 2017; Embrapa, 2018b; Favareto et al., 2019; Sauer, 2022; Cabral et al., 2023). Além disso, a sociedade tem, cada vez mais, demandado o desenvolvimento de sistemas de produção mais resilientes e sustentáveis.

Nesse sentido, o presente artigo busca ser mais uma contribuição para o desafio que o Cerrado enfrenta atualmente, de expandir o cultivo da soja enquanto incorpora práticas de conservação, apresentando informações que contribuem para entender a diferenciação dos produtores de soja no bioma Cerrado. Para tanto, são utilizadas técnicas de aprendizado de máquina e dados oriundos do Censo Agropecuário 2017 do IBGE. Através da tipificação dos municípios do Cerrado conforme características do cultivo de soja e com enfoque especial na tecnologia empregada pelos produtores, espera-se contribuir para o planejamento de ações de pesquisa agropecuária, transferência de tecnologia e apoio à políticas públicas para uma melhor utilização dos recursos naturais do bioma.

Material e métodos

A data de referência do Censo Agropecuário 2017 foi o dia 30 de setembro de 2017, relativamente às informações sobre pessoal ocupado, estoques, efetivos da pecuária, lavouras permanentes e silvicultura, entre outros dados estruturais. Para o período de referência, ao qual foram relacionados todos os dados sobre propriedade, produção, área,

volume de trabalho durante o período, entre outros aspectos, o censo adotou o intervalo de 1º de outubro de 2016 a 30 de setembro de 2017 (IBGE, 2019).

O presente trabalho tomou por base uma tabulação especial do Censo Agropecuário 2017 com variáveis agrupadas por municípios e filtradas por estabelecimentos agropecuários produtores de soja (IBGE, 2022). Variáveis quantitativas (exceto número de estabelecimentos) com menos de três informantes por município foram desidentificadas, por motivo de sigilo estatístico. A identificação do Cerrado como bioma predominante em cada município seguiu o trabalho de Silva et al. (2022).

As variáveis para a tipificação¹ são listadas a seguir:

1. Número de estabelecimentos produtores de soja do município dividido pelo número total de estabelecimentos do município (razão).
2. Quantidade produzida de soja no município (kg).
3. Produtividade média da soja (kg/ha).
4. Número de estabelecimentos que receberam orientação técnica em relação ao total de estabelecimentos de soja (razão).
5. Número de estabelecimentos que usaram adubo químico em relação ao total de estabelecimentos de soja (razão).
6. Número de estabelecimentos que fizeram financiamento em relação ao total de estabelecimentos de soja (razão).
7. Área total colhida de soja / área em processo produtivo dos estabelecimentos produtores de soja (razão).
8. Área total de pastagens dos estabelecimentos produtores de soja / área em processo produtivo dos estabelecimentos produtores de soja (razão).
9. Área colhida de grãos (incluindo a soja) dos estabelecimentos produtores de soja / área em processo produtivo dos estabelecimentos produtores de soja (razão).
10. Área colhida de milho dos estabelecimentos produtores de soja / área em processo produtivo dos estabelecimentos produtores de soja (razão).
11. Área com plantio direto dos estabelecimentos produtores de soja.
12. Área em processo produtivo dos estabelecimentos produtores de soja.

¹O Censo Agropecuário 2017 atribuiu o uso das tecnologias e serviços ao estabelecimento agropecuário, e não por cultura, o que não significa que estejam direcionados diretamente à soja. Outro ponto a considerar é que algumas técnicas não são empregadas ano a ano, como é o caso da aplicação do calcário. Como o censo coleta a informação para o ano de referência, é possível que parte dos estabelecimentos não acuse o seu uso naquele ano, embora possa fazê-lo com regularidade.

13. Área arrendada dos estabelecimentos produtores de soja / área em processo produtivo (razão).

14. Área com plantio direto dos estabelecimentos produtores de soja / área em processo produtivo dos estabelecimentos produtores de soja (razão).

15. Número de estabelecimentos produtores de soja que utilizam sementes transgênicas em relação ao total de estabelecimentos produtores de soja (razão).

16. Valor da produção de soja / valor total da produção agropecuária, dos estabelecimentos produtores de soja (razão).

17. Soma das receitas com a venda de soja dos estabelecimentos produtores de soja / soma

das receitas das atividades agropecuárias dos estabelecimentos produtores de soja (razão).

Na etapa de modelagem, adotou-se o método do cotovelo (do inglês, *Elbow method*) para se estimar o número de grupos (clusters) (Han et al., 2012). Este método consiste em avaliar a dissimilaridade (o quanto os pontos de um agrupamento diferem) em relação ao próprio agrupamento (dissimilaridade interna) e em relação aos outros agrupamentos (dissimilaridade externa), conforme o número de agrupamentos cresce. Observa-se, então, onde há a diminuição da melhoria destas medidas (cotovelo) em relação ao aumento do número de agrupamentos. A Figura 1 mostra o resultado do método para os dados descritos.

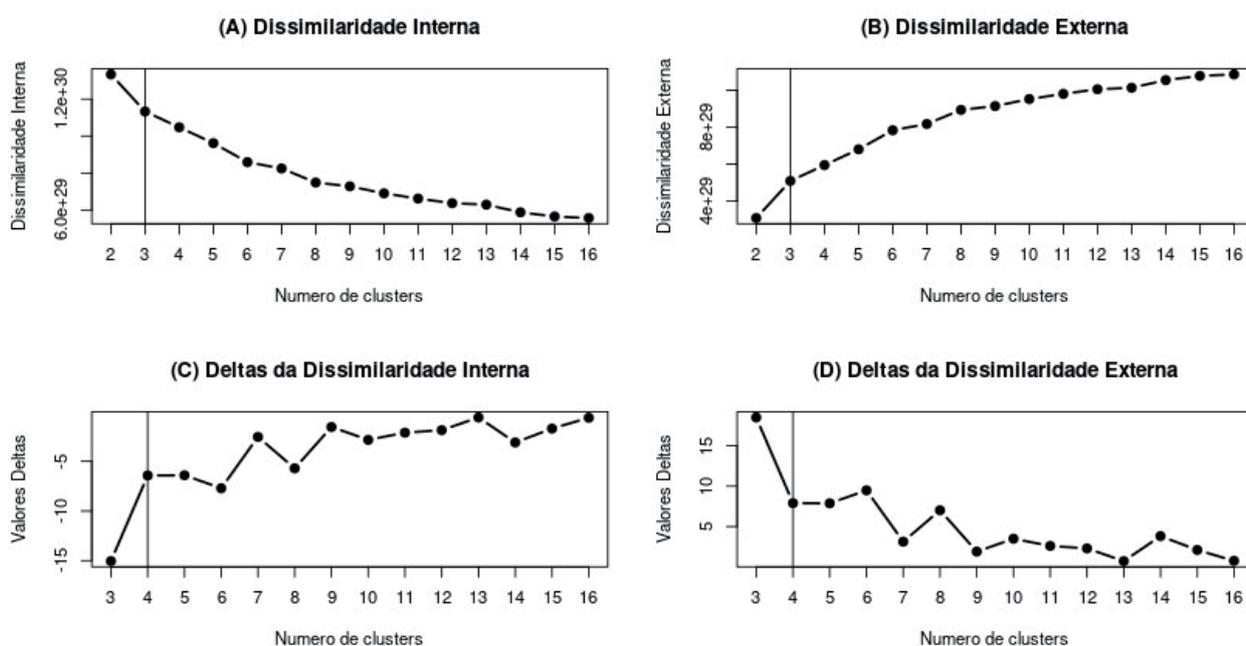


Figura 1. Método do cotovelo aplicado aos dados dos municípios produtores de soja do bioma Cerrado.

Em seguida foi usado o algoritmo *Expectation-Maximization* (EM) para a geração de clusters² (Dempster et al., 1977), considerando o número de clusters estimado na etapa anterior. A razão da escolha do algoritmo EM baseia-se nos critérios: a) EM estende o paradigma usado no k-means, associando uma distribuição de probabilidade a cada instância, que indica a probabilidade dessa instância pertencer a uma única população; b) EM tem a habilidade de lidar com valores faltantes e de estimar o número de clusters por meio de um conjunto de parâmetros que descreve a distribuição

de probabilidade de cada cluster. O usuário também pode especificar a priori quantos clusters gerar.

Adicionalmente, dado seu viés, o algoritmo EM tem uma eficiência e adaptação muito maior quando os conjuntos de dados descrevem populações, como é o caso dos dados do censo agropecuário. Isso se deve ao EM basear-se em modelos de mistura de distribuições gaussianas multivariadas, ou seja, espera que as densidades que serão agrupadas (os clusters) sejam curvas gaussianas que se sobrepõe, onde cada componente isolada seria um possível cluster.

O algoritmo calcula os estimadores de máxima verossimilhança para problemas onde existem dados incompletos entre os dados observados ou para problemas que envolvem variáveis latentes, ou

² *Cluster* é um termo em inglês que indica agrupamento, geralmente empregado quando, em um conjunto de dados, agrupa-se elementos com características semelhantes entre si, mas diferentes dos elementos pertencentes a outros grupos.

seja, não observáveis diretamente, mas que podem ser inferidas de outras variáveis observadas. Cada iteração do algoritmo EM envolve dois passos que são: *expectation* (passo E) e *maximization* (passo M). O passo E desse algoritmo consiste em obter uma estimativa da esperança (*expectation*) dos dados faltosos para completar a amostra de dados incompleta, partindo-se de um valor inicial empírico. No passo M, com os dados completos, realiza-se aprendizagem das probabilidades, baseado nas frequências dos estados das variáveis na amostra, de modo a calcular a função de maximização da esperança encontrada. Os passos E e M fazem parte de um processo iterativo, em que as novas probabilidades, calculadas na fase M, serão utilizadas para realizar a inferência na fase E.

A validação cruzada realizada para determinar o número de clusters é feita nas seguintes etapas: a) o número de clusters é definido como 1; b) o conjunto de treinamento é dividido aleatoriamente em 10 partições (*folds*); c) EM é processado 10 vezes usando as 10 partições da maneira usual de validação cruzada; d) a probabilidade da máxima verossimilhança é calculada e a média dos 10 resultados é obtida; e) se a probabilidade de máxima verossimilhança aumentar, o número de clusters é aumentado em 1 e o programa continua na etapa 2. O número de partições é fixado em 10, desde que o número de instâncias (observações) no conjunto de treinamento não seja menor que 10. Se for esse o caso, o número de partições é definido igual ao número de instâncias.

Em particular, foi utilizada a versão do algoritmo EM disponível no software Weka, versão 3.8.5 (Frank et al., 2016). O software Weka é uma coleção de

algoritmos de aprendizado de máquina para tarefas de mineração de dados. Ele contém ferramentas para preparação de dados, classificação, regressão, *clustering*, mineração de regras de associação e visualização.

Uma vez configurados os agrupamentos a partir do conjunto de variáveis, outras informações foram empregadas para melhor caracterizá-los, conforme se descreve nos resultados a seguir.

Resultados e discussão

No Brasil, no período de referência do Censo Agropecuário 2017, entre 1º de outubro de 2016 a 30 de setembro de 2017, foram produzidas 103,2 milhões de toneladas de soja em uma área colhida de 30,7 milhões de hectares, resultando em uma produtividade média de 3.358 kg/ha. Esses resultados foram produzidos por 236.245 estabelecimentos agropecuários produtores de soja (EPS), distribuídos em 2.428 municípios.

O bioma Cerrado, nesse mesmo período, produziu 48,9 milhões de toneladas de soja (47,4% do país) em uma área colhida de 14,8 milhões de hectares (48,1% do país) em 25.703 EPS (10,9% do país), mostrando a pujança da cultura da soja neste bioma. A produtividade média da soja no Cerrado foi de 3.309 kg/ha (Tabela 1). Esses 685 municípios, onde pelo menos um estabelecimento produziu soja, representaram 64% do total de 1.063 municípios do bioma e os 25.703 estabelecimentos produtores de soja representaram 3,1% do total de 824.557 estabelecimentos agropecuários do bioma.

Tabela 1. Número de municípios com um ou mais estabelecimentos agropecuários que produzem soja, número de estabelecimentos agropecuários produtores de soja, produção e área colhida de soja no Brasil e no bioma Cerrado, segundo o Censo Agropecuário 2017.

Dado / Local	Brasil	Bioma Cerrado	Cerrado / Brasil
Número de municípios com produção de soja (unidades)	2.428	685	28,2%
Número de estabelecimentos agropecuários produtores de soja (unidades)	236.245	25.703	10,9%
Produção de soja em 2017 (t)	103.156.255	48.859.100	47,4%
Área colhida de soja em 2017 (ha)	30.722.657	14.765.038	48,1%
Produtividade média da soja (kg/ha)	3.358	3.309	98,5%

Fonte: IBGE (2022).

Devido a questão do sigilo estatístico, as variáveis quantitativas com menos de três informantes por município (exceto o número de estabelecimentos) foram desidentificadas, e portanto, nos casos em que havia menos de três EPS em um município, este foi excluído da análise de cluster. Isso levou a

uma redução do número de municípios produtores de soja no Cerrado para 516, e do número de EPS analisados, para 25.464 (Tabela 2). Assim sendo, as informações que se seguem são decorrentes desta base de dados desidentificada.

Tabela 2. Ocorrência dos clusters, produção, área colhida e produtividade de soja em estabelecimentos agropecuários produtores de soja (EPS) do bioma Cerrado, agregados por município, Censo Agropecuário 2017.

Variável / Cluster	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cerrado
Número de municípios produtores de soja no bioma *	188	106	222	516
Porcentagem de municípios produtores de soja no bioma	36,4%	20,5%	43,0%	100,0%
Número de estabelecimentos produtores de soja no bioma	1.483	16.175	7.806	25.464
Porcentagem de estabelecimentos produtores de soja por cluster no bioma	5,8%	63,5%	30,7%	100,0%
Quantidade total produzida de soja (t)	1.178.552	38.680.611	8.999.937	48.859.100
Área total colhida de soja (ha)	383.380	11.543.585	2.838.073	14.765.038
Produtividade média da soja (kg/ha)	3.074	3.351	3.171	3.309

Nota: * Aqui são considerados estabelecimentos de municípios com três ou mais estabelecimentos agropecuários produtores de soja. Municípios com menos de três estabelecimentos produtores de soja foram excluídos das análises pela exigência de desidentificação dos dados do Censo Agropecuário pelo IBGE (sigilo estatístico).

O algoritmo EM separou os estabelecimentos do bioma Cerrado em três agrupamentos que foram classificados, para efeitos de análise, com base na produtividade média da soja, em três tipos: i) maior produtividade (3.351 kg/ha; cluster 2); ii) produtividade intermediária (3.171 kg/ha; cluster 3); e, iii) menor produtividade (3.074 kg/ha; cluster 1) (Tabela 2).

A área média dos estabelecimentos produtores de soja (EPS) do bioma Cerrado (1.125,5 ha) foi

quase 4,5 vezes maior do que a área média do total de estabelecimentos produtores de soja do país (252,5 ha) (Tabela 3). A área média em processo produtivo dos EPS do bioma (841,5 ha) também foi quase 4,5 vezes maior do que a área média em processo produtivo do total de estabelecimentos produtores de soja do país (190,3 ha). Não obstante, o número de EPS do Cerrado representou somente 10,9% do total de EPS do país (Tabela 1).

Tabela 3. Indicadores do uso da terra de estabelecimentos produtores de soja dos Clusters do bioma Cerrado, Censo Agropecuário 2017 (valores médios por estabelecimento produtor de soja).

Indicador	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cerrado
Área total média dos estabelecimentos produtores de soja (ha)	852,4	1.258,7	901,5	1.125,5
Área média em processo produtivo nos estabelecimentos produtores de soja (ha)	625,1	942,8	672,5	841,5
Área média de lavoura temporária nos estabelecimentos produtores de soja (ha)	345,8	797,2	438,4	660,9
Área média de pastagem nos estabelecimentos produtores de soja (ha)	200,1	110,9	186,0	139,1
Área média de florestas plantadas dos estabelecimentos produtores de soja (ha)	0,4	3,8	3,2	3,4
Área média de sistemas agroflorestais dos estabelecimentos produtores de soja (ha)	3,1	14,9	9,9	12,7
Área média colhida de soja por estabelecimento nos EPS* (ha)	258,5	713,7	363,6	579,8
Área média colhida de milho por estabelecimento nos EPS (ha)	97,9	118,2	376,6	287,0
Área média colhida de algodão por estabelecimento nos EPS (ha)	0	73,5	166,0	160,7
Área média colhida de cana-de-açúcar por estabelecimento nos EPS (ha)	399,8	109,6	19,4	39,5
Área média arrendada pelos estabelecimentos produtores de soja (ha)**	50,2	304,6	174,1	249,8

* EPS: Estabelecimento agropecuário produtor de soja.

** A área arrendada já está contabilizada e faz parte das médias da área total, da área em processo produtivo e das áreas dedicadas a cada uma das culturas dos estabelecimentos.

De forma geral, os EPS do bioma Cerrado podem ser caracterizados pela predominância da produção vegetal na formação das suas receitas totais, em particular, pelas receitas originadas das culturas da soja e do milho em relação às demais culturas. Mais de 70% das receitas dos EPS do Cerrado têm sua origem na produção de soja (56,5%) e milho (15,5%). As receitas de origem animal têm menor participação nas receitas totais obtidas, variando bastante nos diferentes clusters, entre 5% e 21%. Além disso, para as variáveis mais importantes na formação das receitas totais, assim como para a maioria das variáveis de área total média (Tabela 3), de produção (Tabela 2), de receitas e tecnológicas, observa-se que os maiores valores das mesmas estão nos estabelecimentos de maior produtividade, em geral com um crescimento gradativo à medida em que a produtividade da soja cresce entre os clusters. Com a área média de pastagem (mas não com a área total) e as receitas de origem animal, ocorre o inverso: à medida que a produtividade da soja cresce, essas áreas e receitas decrescem gradativamente entre os clusters.

Observando-se os resultados para as variáveis tecnológicas, percebe-se uma certa homogeneidade nos percentuais da maioria das variáveis entre os clusters. Por exemplo, os percentuais de acesso à internet pelos EPS dos três clusters situavam-se

entre 50% e 55%; os de estabelecimentos que fizeram uso de corretivos, entre 76% e 81%; e dos estabelecimentos que receberam orientação técnica, entre 71% e 74%. Dado que a soja é uma cultura que exige tecnologia para produzir e ser rentável, tal resultado já era esperado. Assim como também era esperado altos percentuais no uso de agrotóxicos (acima de 90%), na existência de energia elétrica (acima de 88%) e de tratores (acima de 78%) nos estabelecimentos, e baixos percentuais para variáveis como a existência de armazéns para grãos nos estabelecimentos (máximo de 14%). Mas chamam atenção os resultados relativamente baixos para o acesso à Internet e uso de sementes transgênicas em todos os clusters.

Além da soja e do milho, o bioma Cerrado também é um importante produtor de outras duas commodities, o algodão e a cana-de-açúcar. Em 2017, mais de 1/3 da área cultivada de cana-de-açúcar do país estava sendo produzido no Cerrado do Estado de São Paulo, que lidera a produção no Brasil, o maior produtor mundial (IBGE, 2017). Nesse mesmo ano, e a partir desta safra (2016/2017), aproximadamente 90% da área colhida de algodão do país vem sendo colhida no Cerrado e em 2018 o valor bruto da produção (VBP) de algodão foi de R\$ 34,95 bilhões, inferior apenas aos da soja, cana-de-açúcar e milho (Abapa,

2021). Por esta razão, estas duas commodities foram incluídas na análise que se segue, em apoio aos resultados da análise de cluster, em particular investigando se os estabelecimentos produtores de soja do Cerrado também produzem essas duas commodities e qual sua importância em relação a esses estabelecimentos.

Os estabelecimentos familiares representaram cerca de 1/3 do total de EPS dos dois clusters de maior produtividade e cerca de 23% no cluster de menor produtividade, com 32% como média do bioma. O percentual dos EPS que fizeram financiamento também foi elevado entre os clusters, entre 44% e 50%, com média de 49% para o bioma.

A produção de soja no Brasil está condicionada a preceitos de caracterização geográfica, essenciais devido à grande extensão territorial do país. O registro de novas cultivares de soja, adequadas a cada município, leva em consideração as regiões edafoclimáticas propostas por Kaster e Farias (2012). Estas regiões são delimitadas com base na semelhança entre clima e solo, além da diversidade de ecossistemas. A divisão das áreas de produção de soja em 5 Macrorregiões Sojícolas (MRS), cada uma subdividida em Regiões Edafoclimáticas

Homogêneas (REC), reflete as necessidades de adaptação das cultivares às condições locais, garantindo maior eficiência produtiva para a cultura.

A Figura 2 mostra a localização espacial dos três clusters no bioma Cerrado e a Figura 3 acrescenta à esta localização, as Regiões Edafoclimáticas (RECs) adaptadas para a soja no Brasil. Observa-se que os municípios produtores de soja estão distribuídos ao longo da área do bioma, para todos os clusters. Porém, enquanto os municípios do Cluster 2 mostram uma concentração em determinadas regiões, em particular à oeste do bioma, nas REC 401 (Mesorregião Sudeste Mato-Grossense) e 403 (Mesorregião Nordeste Mato-Grossense) e à nordeste do bioma, nas REC 405 e 501, o mesmo não se observa para os Cluster 1 e 3. Observa-se também, concentração dos municípios sem produção de soja à leste (em Minas Gerais) e à norte do bioma. Na mesma região de Minas Gerais, à leste do bioma, também se observa concentração de municípios com menos de três estabelecimentos produtores de soja (169 municípios), que representaram 25% do total de EPS do bioma (685 municípios).

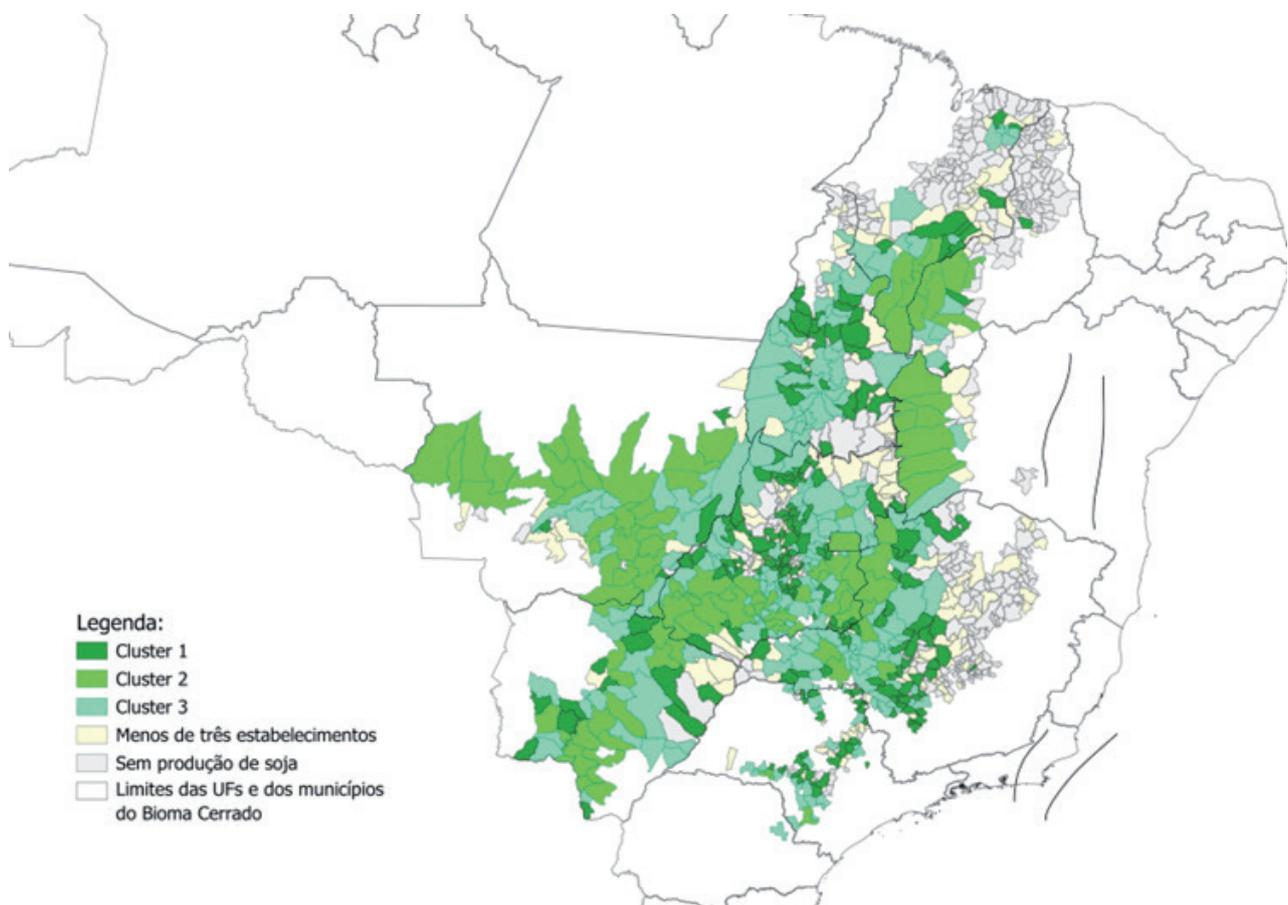


Figura 2. Localização espacial dos clusters de municípios produtores de soja do bioma Cerrado.

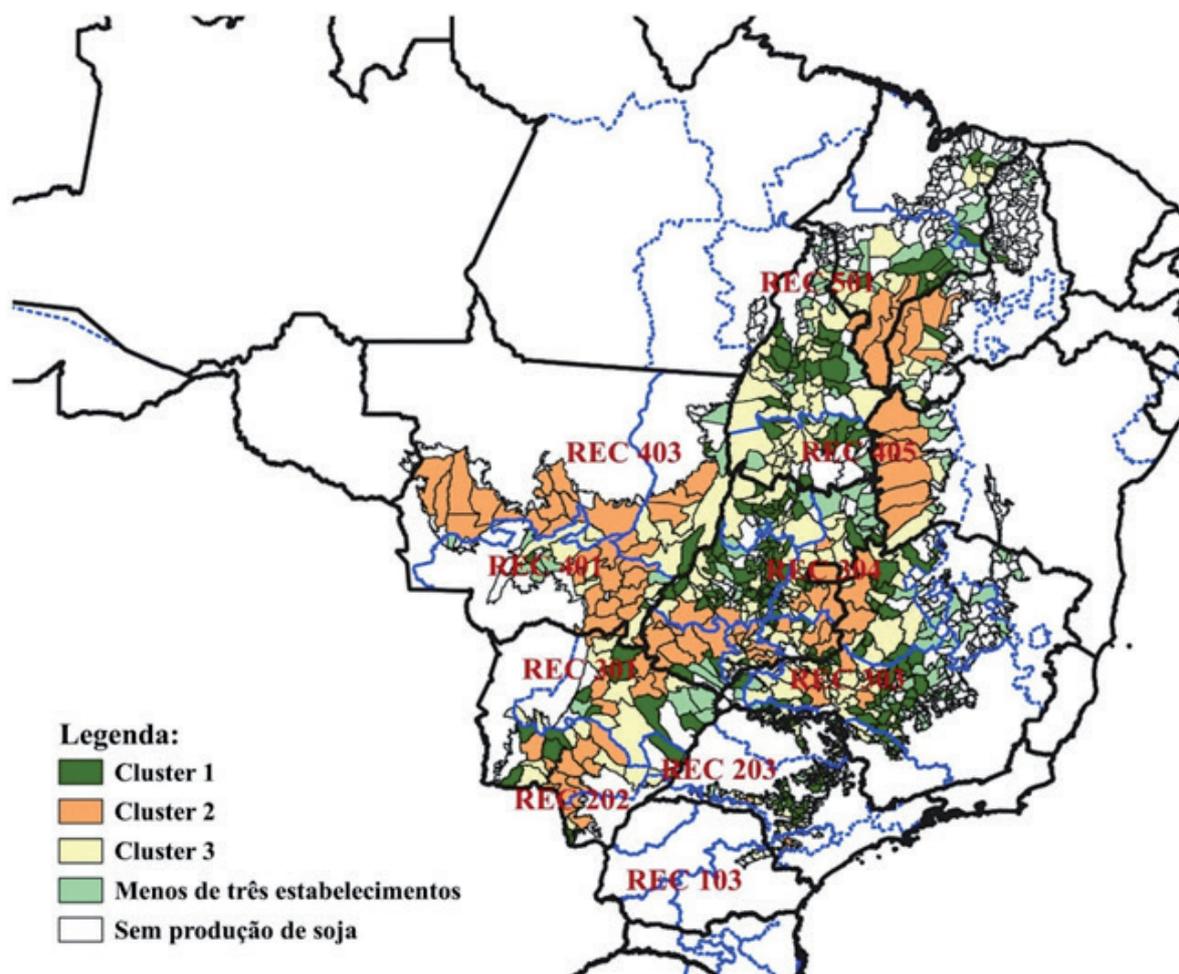


Figura 3. Distribuição dos clusters de municípios produtores de soja do bioma Cerrado por região edafoclimática (REC).

As principais características dos três clusters são descritas a seguir.

CLUSTER 1

Uma das características bastante evidentes deste cluster é o número bem menor (5,8 % do total) de estabelecimentos agropecuários produtores de soja (EPS) em relação aos demais clusters, o que têm reflexos no tamanho da área colhida (383 mil ha) e na quantidade produzida (1,18 milhão de t), ambas com menos de 3% dos totais do bioma, e na produtividade, sendo este cluster o de menor produtividade média da soja, 3.074 kg/ha (Tabela 2). O número de municípios, entretanto, tem valor intermediário entres os clusters: 188 municípios ou 36% do total. Tais municípios estão geograficamente localizados por todo o Cerrado, sem uma concentração clara em qualquer parte do bioma, excetuando-se a porção do Cerrado da Bahia onde esse cluster não aparece e sua pouca representatividade no estado de Mato Grosso (Figuras 2 e 3). A área média colhida de soja neste

cluster foi de 258,5 hectares, também o menor valor entre os clusters (Tabela 3).

Da área total em processo produtivo deste cluster (927 mil ha), 55% estavam ocupadas com lavouras temporárias (512,8 mil ha), 32% com pastagens nativas e plantadas (296,7 mil ha), 0,1% com florestas plantadas (543 ha) e 0,5% com sistemas agroflorestais (4,6 mil ha) (Tabela 4). Todas essas áreas têm os menores valores médios entre os três clusters, exceto a área média colhida de pastagens, que apresentou o maior valor. Isso indica que a criação de animais é uma atividade mais importante no Cluster 1 do que nos demais clusters, podendo ter sido uma das características distintivas importante para a seleção deste agrupamento. A área total arrendada pelos EPS deste cluster (74,5 mil ha), representou 8% da área total em processo produtivo e a área média arrendada (50,2 ha), representou 20% da área média arrendada do bioma (250 ha), indicando que a maioria dos EPS deste cluster tem pouca área arrendada, comparativamente aos demais clusters, sendo os menores valores entre os clusters (Tabelas 3 e 4).

Tabela 4. Percentuais dos diferentes usos da terra em relação à área em processo produtivo, em estabelecimentos produtores de soja dos Clusters do bioma Cerrado, Censo Agropecuário 2017.

Indicador	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cerrado
Percentagem da área total de lavouras temporárias em relação à área em processo produtivo	55,3	84,6	65,2	78,5
Percentagem da área total colhida de soja em relação à área em processo produtivo nos EPS	41,4	75,7	54,1	68,9
Percentagem da área total colhida de milho em relação à área em processo produtivo nos EPS	10,5	39,9	16,8	33,0
Percentagem da área total colhida de algodão em relação à área em processo produtivo nos EPS	0	0,1	13,1	3,3
Percentagem da área total colhida de cana em relação à área em processo produtivo nos EPS	2,5	1,2	2,5	1,6
Percentagem da área total de pastagens em relação à área em processo produtivo nos EPS	32,0	11,8	27,7	16,5
Percentagem da área total de florestas plantadas em relação à área em processo produtivo	0,1	0,4	0,5	0,4
Percentagem da área total de sistemas agroflorestais em relação à área em processo produtivo	0,5	1,6	1,5	1,5
Percentagem da área total arrendada em relação à área em processo produtivo nos EPS	8,0	32,3	25,9	29,7
Percentagem da área arrendada do cluster em relação ao total do bioma nos EPS	1,2	77,5	21,4	100,0

Características distintivas dos EPS do Cluster 1 em relação aos demais clusters foi a ausência da produção de algodão, a pequena área média colhida de milho (97,9 ha, a menor entre os clusters e bem abaixo da média do bioma, de 287,0 ha) e a maior área colhida de cana-de-açúcar (400 ha, a maior entre os clusters e bem acima da média do bioma, de 39,5 ha). Além da grande diferença nas áreas médias destas três culturas no Cluster 1, também se observou diferenças significativas nas áreas médias dessas culturas entre os três clusters (Tabela 3). Dos 188 municípios produtores de soja do Cluster 1, 83 produziram milho e seis produziram cana-de-açúcar. Quanto ao total de estabelecimentos, 992 produziram milho e 57 cana-de-açúcar, sendo que o total para a soja foi de 1.483 estabelecimentos.

A receita total por estabelecimento produtor de soja deste cluster alcançou o valor de

R\$ 1.972.514,60 (incluídas as receitas originadas fora do estabelecimento) (Tabela 5). A soja foi a cultura mais importante, respondendo por 38,5% da receita total obtida por EPS (759,3 mil reais) neste cluster, apesar de ter a menor participação em relação aos outros clusters; o milho participou com 6,2% e a cana-de-açúcar com 4,8% das receitas totais obtidas (Tabelas 5 e 6). As receitas com origem na produção animal alcançaram 21,2% do total das receitas obtidas neste cluster (418,3 mil reais) e foram as receitas de maior montante por estabelecimento entre as receitas de origem animal dos três clusters do bioma (mais que o dobro do valor monetário das receitas médias de origem animal por EPS do bioma; Tabelas 5 e 6). As receitas das atividades agropecuárias alcançaram 96,1% do total de receitas obtidas, o maior valor entre os clusters (Tabela 6).

Tabela 5. Composição das receitas auferidas pelos estabelecimentos produtores de soja do bioma Cerrado, segundo o Censo Agropecuário 2017 (valores médios, por estabelecimento produtor de soja).

Receitas *	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cerrado
Receitas totais obtidas por EPS (R\$)	1.972.514,6	3.804.731,7	2.170.587,1	3.197.077,4
Receita da agropecuária por EPS (R\$)	1.894.773,1	3.593.916,0	2.063.207,6	3.025.720,2
Receita de origem vegetal por EPS (R\$)	1.376.773,7	3.422.111,1	1.830.116,3	2.814.965,8
Receita de origem animal por EPS (R\$)	418.274,8	171.644,5	221.367,0	201.250,5
Receitas originadas da venda de soja por EPS (R\$)	759.311,1	2.235.728,8	1.114.480,5	1.806.024,5
Receitas originadas da venda de milho por EPS (R\$)	121.698,5	661.279,9	223.530,2	495.662,8
Receitas originadas da venda de algodão por EPS (R\$)	0	243.670,0	16.090,8	159.714,3
Receitas originadas da venda de cana-de-açúcar por EPS (R\$)	94.511,4	47.742,2	148.218,9	81.267,2
Receitas das atividades não agropecuárias praticadas nos estabelecimentos por EPS (R\$)	1.829,6	176.978,4	51.302,0	128.251,7
Receita total obtida pelo produtor e sua família por EPS (R\$)	32.304,1	33.392,1	47.719,1	37.720,7

* Valores médios nominais na data de referência do Censo, em R\$.

Tabela 6. Participação percentual de diferentes fontes na receita total obtida dos estabelecimentos produtores de soja no bioma Cerrado, segundo o Censo Agropecuário 2017 (valores médios, por estabelecimento produtor de soja).

Receitas	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cerrado
Receita da agropecuária / receitas totais obtidas (%)	96,1	94,5	95,1	94,6
Receita de origem vegetal / receitas totais obtidas (%)	69,8	89,9	84,3	88,0
Receita de origem animal / receitas totais obtidas (%)	21,2	4,5	10,2	6,3
Receita da venda de soja / receitas totais obtidas (%)	38,5	58,8	51,3	56,5
Receita da venda de milho / receitas totais obtidas (%)	6,2	17,4	10,3	15,5
Receita da venda de algodão / receitas totais obtidas (%)	0	6,4	0,7	5,0
Receita da venda de cana-de-açúcar / receitas totais obtidas (%)	4,8	1,3	6,8	2,5
Receita das atividades não agropecuárias praticadas nos estabelecimentos / receitas totais obtidas (%)	0,1	4,7	2,4	4,0
Receita total obtida pelo produtor e sua família não relacionadas à produção / receitas totais obtidas (%)	1,6	0,9	2,2	1,2

A análise das receitas totais obtidas pelos EPS do Cluster 1 evidencia a importância das receitas de origem vegetal, com quase 70% do total das receitas, mas também salienta o relativamente alto percentual das receitas de origem animal (21,2%). Apesar de elevado, o percentual das receitas de origem vegetal em relação às receitas totais foi o menor entre os clusters, como ocorre com as receitas com a venda de soja por EPS (Tabela 5), enquanto o percentual das receitas de origem animal foi o maior (Tabela 6). As receitas de origem animal representaram 55,1% do valor das receitas com a venda de soja (Tabela 6), enquanto as receitas

com a venda de milho representaram 16,0% e as receitas com a venda de cana-de-açúcar, 12,4%.

Conforme já comentado anteriormente, o conjunto de variáveis utilizadas para definir o perfil tecnológico dos EPS mostra, de forma geral, homogeneidade nos percentuais da maioria das variáveis entre os clusters. No caso do Cluster 1, a maior parte das variáveis apresentou percentuais abaixo da média do bioma; as exceções são a existência de tratores na propriedade, o uso de corretivos de solo e a prática de rotação de culturas (Tabela 7).

Tabela 7. Aspectos gerais da tecnologia empregada nos clusters dos estabelecimentos agropecuários produtores de soja no bioma Cerrado, agregados por município, no Censo Agropecuário 2017.

Variável / Cluster	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cerrado
Porcentagem de estabelecimentos que tem acesso à internet	51,2	54,7	50,2	53,1
Porcentagem de estabelecimentos que tem trator	82,2	78,0	80,9	79,2
Porcentagem de estabelecimentos que usam semente transgênica	51,2	60,5	57,5	59,1
Porcentagem de estabelecimentos que usam adubos químicos	67,4	79,9	72,5	76,9
Porcentagem de estabelecimentos que usam corretivos de solo	80,8	75,6	80,8	77,5
Porcentagem de estabelecimentos que usam agrotóxicos	91,9	97,5	95,2	96,4
Porcentagem de estabelecimentos com armazéns para grão na propriedade	13,8	14,2	10,5	13,0
Porcentagem de estabelecimentos que fazem rotação de culturas	64,9	60,5	67,2	62,8
Porcentagem de estabelecimentos que recebem orientação técnica	71,0	74,2	71,8	73,3
Porcentagem de estabelecimentos com energia elétrica na propriedade	88,4	92,5	87,6	90,8

Os estabelecimentos familiares representaram 22,6% do total de EPS deste cluster, a menor proporção entre os clusters (Tabela 7). Das receitas totais obtidas pelos EPS, 1,6% se originaram das receitas do produtor e sua família (são as receitas não relacionadas às atividades produtivas do estabelecimento), sendo 0,16% provenientes de aposentadorias e pensões e 1,1% de atividades fora do estabelecimento. Do total de 1.483 EPS do Cluster 1, cerca de 43,5% fizeram financiamento, percentual um pouco inferior ao dos demais clusters.

CLUSTER 2

Os estabelecimentos deste cluster são os que apresentaram a maior produtividade média de soja, 3.351 kg/ha. O total de municípios produtores de soja deste cluster foi o menor entre todos os clusters (106 municípios ou 20,5% do total), mas o que apresentou o maior número de EPS, 16.175 estabelecimentos (63,5% do total). Os EPS deste cluster produziram 38,7 milhões de toneladas de soja, aproximadamente 79% da produção total de soja do bioma, em uma área total colhida de 11,54 milhões de hectares, 78% da área colhida total do Cerrado. A área média colhida de soja do Cluster 2 (713,7 ha), foi a maior entre os três clusters (Tabela 2). Os estabelecimentos produtores de soja deste cluster predominam nos estados do Mato Grosso e Bahia (Figuras 2 e 3).

A área total média dos EPS deste cluster (1.258,7 ha) e a área média em processo produtivo

(942,8 ha) foram as maiores áreas entre os clusters e aproximadamente 11% maiores do que as respectivas áreas médias do bioma, 1.125,5 hectares e 841,5 hectares (Tabela 3). No Cluster 2, da área em processo produtivo (15,25 milhões de ha), 85% estavam ocupadas com lavoura temporária (12,89 milhões de ha), 12% com pastagens (1,79 milhão de ha), 0,4% com florestas plantadas (61,7 mil ha) e 1,6% com sistemas agroflorestais (240,8 mil ha). A área média arrendada por estabelecimento foi de 304,6 hectares, a maior entre os clusters, cerca de 32% da área média em processo produtivo dos EPS deste cluster, e a área total arrendada, de 4,93 milhões de hectares, representou 77,5% da área total arrendada pelos EPS do Cerrado (6,36 milhões de ha) (Tabelas 3 e 4). São, portanto, estabelecimentos com alto percentual de área arrendada dentro do bioma.

A soja foi a cultura mais importante para os estabelecimentos do Cluster 2, com uma área média colhida por estabelecimento de 713,7 hectares, quase o dobro da área média colhida do Cluster 3. Entre as outras culturas, a cultura do milho foi a mais relevante, com área média colhida de 118,2 hectares (6,09 milhões de ha ou 53% da área total colhida de soja). As áreas médias colhidas de cana-de-açúcar e de algodão foram menores que a do milho, de 109,6 hectares e de 73,5 hectares, respectivamente (abaixo de 200 mil hectares de área colhida total no caso da cana-de-açúcar e abaixo de 20 mil hectares no caso do algodão) (Tabela 3). A receita total obtida pelos EPS deste

cluster foi de R\$ 3.804.731,10 por estabelecimento, com a soja representando 58,8% desse total, o milho 17,4%, o algodão 6,4% e a cana-de-açúcar 1,3%. A receita de origem animal representou 4,5% das receitas totais, o menor percentual entre os clusters, enquanto a produção vegetal alcançou 90% do total, o maior percentual entre os clusters. Isso indica que a produção animal é pouco relevante neste cluster e que os estabelecimentos estão focados na produção de soja e milho (Tabelas 5 e 6).

A Tabela 7 apresenta os resultados para as variáveis tecnológicas do Cluster 2. Em sua maioria estas variáveis apresentam os maiores percentuais entre os três clusters e acima das médias do bioma. As exceções em relação às médias do bioma são a existência de tratores nas propriedades, o uso de corretivos de solo e a rotação de culturas, mas esses valores são próximos entre os clusters. Lembrando que o uso de corretivos não é feito anualmente, de modo que as aplicações do insumo podem ter sido feitas em anos anteriores; e o menor uso de rotação

de culturas pode fazer sentido em estabelecimentos especializados na cultura da soja. Destaca-se dos demais clusters o maior acesso à Internet (cerca de 55% dos estabelecimentos), maior uso de adubos químicos (quase 80%) e o maior percentual de estabelecimentos com energia elétrica (92%).

O Cluster 2 possui o maior percentual de estabelecimentos familiares do bioma, 33,2%, mas o menor percentual das receitas do produtor e sua família em relação às receitas totais obtidas, com as receitas advindas das aposentadorias e pensões e as receitas auferidas fora dos estabelecimentos, sendo menores do que 1% das receitas totais (Tabela 8). Ou seja, quase 100% das receitas totais obtidas vêm das receitas das atividades desenvolvidas nos estabelecimentos. Por outro lado, quase a metade do total de 16.175 estabelecimentos deste cluster fizeram financiamento no ano de realização do censo agropecuário (Tabela 8). A receita total obtida pelo produtor e sua família por estabelecimento alcançou pouco mais de 33 mil reais (Tabela 5).

Tabela 8. Características socioeconômicas dos clusters de estabelecimentos agropecuários produtores de soja do bioma Cerrado, agregados por município, no Censo Agropecuário 2017.

Variável / Cluster	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cerrado
Estabelecimentos familiares em relação ao total de EPS do bioma (%)	22,6	33,2	30,2	31,6
EPS que fizeram financiamento em relação ao total de EPS do bioma (%)	43,5	49,5	48,1	48,8
Receitas totais das atividades do estabelecimento (agro + não agro) em relação ao total de receitas obtidas (%)	96,2	99,1	97,4	98,7
Receita total do produtor e sua família* em relação ao total de receitas obtidas (%)	1,6	0,9	2,2	1,2
Receitas de aposentadorias em relação ao total de receitas obtidas (%)	0,16	0,10	0,20	0,12
Receitas obtidas fora do estabelecimento em relação ao total de receitas obtidas (%)	1,1	0,8	1,8	1,0
Receitas de aposentadoria + receitas fora do estabelecimento em relação ao total de receitas obtidas (%)	1,3	0,9	2,0	1,1

* São as receitas do produtor e sua família não relacionadas às atividades produtivas do estabelecimento, como pensões e aposentadorias, salários recebidos por serviços fora da propriedade, retiradas ou receitas de empresas ou negócios próprios, recebimentos provenientes de programas governamentais e outros.

A Tabela 9 mostra o valor das vendas oriundas das culturas cultivadas pelos EPS do Cluster 2 em relação ao valor das vendas de soja. O milho representou quase 30% do total de receitas com a venda de soja, o algodão 10,9% e a cana-de-açúcar, 2,1%; e as vendas de produtos animais resultaram em 7,7% das receitas da soja. Ou seja, praticamente a metade das receitas das atividades produtivas destes estabelecimentos provém da

cultura da soja. Portanto, embora se possa dizer que os estabelecimentos do Cluster 2 são diversificados em termos das culturas produzidas, em termos das receitas totais em relação à soja é mais adequado dizer que tais estabelecimentos são especializados na soja e no milho. Em termos de área colhida em relação à soja, o milho também sobressai, com 52% do total, com as demais culturas não alcançando juntas, 7% da área colhida de soja.

Tabela 9. Características dos clusters de estabelecimentos agropecuários produtores de soja do bioma Cerrado, agregados por município, no Censo Agropecuário 2017, considerando outras culturas cultivadas nos estabelecimentos.

Variável / Cluster	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cerrado
Total de municípios produtores de soja do bioma Cerrado	188	106	222	516
Total de municípios com produção de milho (pela área colhida)	83	106	188	377
Total de municípios com produção de algodão (pela área colhida)	0	31	4	35
Total de municípios com produção de cana-de-açúcar (pela área colhida)	6	22	28	56
Total de estabelecimentos produtores de soja	1.483	16.175	7.806	25.464
Total de estabelecimentos produtores de milho	992	16.175	7.471	24.638
Total de estabelecimentos produtores de algodão	0	4.156	254	4.410
Total de estabelecimentos produtores de cana-de-açúcar	57	6.723	1.641	8.421
Total de municípios produtores de soja que arrendaram terras	50	105	183	338
Total de estabelecimentos produtores de soja que arrendaram terras	713	16.167	7.317	24.197
Total de estabelecimentos produtores de milho em relação ao total de EPS (%)	66,9%	100,0%	95,7%	96,8%
Total de estabelecimentos produtores de algodão em relação ao total de EPS (%)	0%	25,7%	3,3%	17,3%
Total de estabelecimentos produtores de cana-de-açúcar em relação ao total de EPS (%)	3,8%	41,6%	21,0%	33,1%
Total de municípios com EPS que arrendaram terras em relação ao total de municípios com EPS (%)	26,6%	99,1%	82,4%	65,5%
Total de EPS que arrendaram terras em relação ao total de EPS (%)	48,1%	100,0%	93,7%	95,0%
Valor da receita da venda de milho / valor da receita da venda da soja (%)	16,0%	29,6%	20,1%	27,4%
Valor da receita da venda de algodão / valor da receita da venda da soja (%)	0%	10,9%	1,4%	8,8%
Valor da receita da venda de cana-de-açúcar / valor da receita da venda da soja (%)	12,4%	2,1%	13,3%	4,5%
Valor da receita de origem animal / valor da receita da venda da soja (%)	55,1%	7,7%	19,9%	11,1%

Todos os municípios produtores de soja deste cluster (106 municípios) também produzem milho; a cana-de-açúcar é produzida por 20,8% dos municípios (22 municípios) e o algodão por 29,2% dos municípios (31 municípios) (Tabela 9). Todos os estabelecimentos que produzem soja também produzem milho no Cluster 2 (16.175 estabelecimentos); em menor proporção estão a cana-de-açúcar (6.732 estabelecimentos; 41,6% do total) e o algodão (4.156 estabelecimentos; 25,7%).

Os municípios do Cluster 2 estão distribuídos por todo o bioma Cerrado, em todos os estados

(exceto no Paraná e com apenas um município no Tocantins), bastante concentrados em algumas regiões: centro-sul do Mato Grosso do Sul, centro e sudeste de Mato Grosso, sudoeste de Goiás, na divisa entre o leste de Goiás (incluindo o Distrito Federal) e oeste de Minas Gerais, oeste da Bahia e nos limites ao sul dos estados do Maranhão e Piauí (Figura 2). Em termos de Regiões Edafoclimáticas tais municípios estão localizados principalmente nas RECs 401 e 403, à oeste do bioma, e nas RECs 405 e 501 à nordeste do bioma (Figura 3).

CLUSTER 3

O Cluster 3 foi o mais representativo em termos do número de municípios (43,0% do total do bioma ou 222 municípios), embora não no número de estabelecimentos (30,7% ou 7.806 estabelecimentos). A produtividade média da soja foi de 3.171 kg/ha, resultante de uma produção de cerca de 9,0 milhões de toneladas (18,4% do total produzido no Cerrado), obtida de uma área colhida de 2,8 milhões de hectares (19,2% do total do bioma) (Tabela 2). A quantidade produzida e a área colhida de soja pelos EPS do Cluster 3 o situam em uma posição intermediária em termos de produtividade da soja entre os clusters. A maior parte dos municípios deste cluster se localiza nos estados de Goiás, Minas Gerais e Tocantins (Figura 2).

A área média dos EPS do Cluster 3, de 901,5 hectares (Tabela 3) foi cerca de 25% menor do que a área média dos EPS do bioma (1.125,5 ha) e cerca de 3,6 vezes maior do que a área média dos cerca de 256 mil estabelecimentos produtores de soja do país (252,5 ha). A área média em processo produtivo dos EPS deste cluster foi de 672,5 hectares, menor que a área média do bioma, de 841,5 hectares. Da área em processo produtivo (5,25 milhões de ha), 69% estavam ocupadas com lavoura temporária (3,42 milhões de ha), 28% com pastagens (1,45 milhão de ha), 0,5% com florestas plantadas (25,0 mil ha) e 1,5% com sistemas agroflorestais (77,5 mil ha). A área média arrendada foi de 174 hectares, cerca de 26% da área média em processo produtivo dos EPS deste cluster e a área arrendada, de 1,36 milhão de hectares, representou pouco mais de 21% da área total arrendada pelos EPS do bioma (6,36 milhões de ha) (Tabelas 3 e 4).

Com relação a outras culturas analisadas neste cluster (milho, cana-de-açúcar e algodão), o milho segue sendo a cultura mais importante, com área média colhida de 376,6 hectares (883,0 mil ha ou 31,1% da área colhida de soja), seguido pelo algodão, com 166,0 hectares (690,0 mil ha ou 24,3% da área colhida de soja) e pela cana-de-açúcar, com 20 hectares (130,2 mil ha ou 4,6% da área colhida de soja) (Tabelas 3 e 4). Conforme já comentado, observa-se diferenças significativas entre as áreas médias colhidas dessas culturas entre os clusters e em cada cluster (Tabela 3). Dos 222 municípios produtores de soja do Cluster 3, 188 produziram milho, 28 produziram cana-de-açúcar e quatro produziram algodão. Quanto ao total de 7.806 EPS do cluster, 7.471 produziram milho (6%), 1.641 cana-de-açúcar (21%) e 254 algodão (3,3%) (Tabela 9).

A receita total obtida pelos EPS deste cluster foi de R\$ 2.170.587,10 por estabelecimento, com a soja representando 51,3% desse total, o milho 10,3%, a cana-de-açúcar 6,8%, e o algodão menos de 1% (Tabelas 5 e 6). A produção vegetal alcançou 84,3% da receita total e a receita de origem animal foi de 10,2%. A soja, portanto, é a cultura mais importante para os estabelecimentos deste cluster, embora com uma área colhida média por estabelecimento (363,6 ha) menor que a do milho (376,6 ha).

O conjunto de variáveis utilizadas para definir o perfil tecnológico dos EPS do Cluster 3 mostra, de forma geral, o mesmo que já foi comentado com relação ao Cluster 1, no sentido de uma homogeneidade nos percentuais da maioria das variáveis entre os clusters, sendo que a maior parte das variáveis do Cluster 3 apresentou valores intermediários em relação aos outros dois clusters (Tabela 7). Destaca-se, entretanto, o menor uso de sementes transgênicas (50%), a menor presença de armazéns para grãos nos estabelecimentos (10,5%) e o maior uso de rotação de culturas (67%) em relação aos demais clusters do bioma.

O percentual de estabelecimentos familiares do Cluster 3, de 30,2%, foi intermediário aos percentuais dos demais clusters e abaixo da média do bioma (31,6%). Porém, em relação às receitas totais obtidas, as receitas do produtor e sua família são as maiores entre os clusters, 2,2%, com 0,2% correspondendo às aposentadorias e pensões e 1,8% correspondendo às receitas fora do estabelecimento (Tabela 8). Do total de 7.806 EPS do Cluster 3, cerca de 48,1% fizeram financiamento, percentual intermediário ao dos demais clusters. O Cluster 3 tem a maior receita total obtida pelo produtor e sua família por estabelecimento entre os três clusters (R\$ 47.419,10) (Tabela 5).

A Tabela 9 mostra o valor das vendas oriundas das culturas cultivadas pelos EPS do Cluster 3 em relação ao valor das vendas de soja. O milho representou 20,1% do total de receitas com a venda de soja, a cana, 13,3% e o algodão 1,4%; e as vendas de produtos animais resultaram em quase 20% das receitas da soja. Ou seja, aproximadamente 44% das receitas das atividades produtivas destes estabelecimentos provêm da cultura da soja. Uma grande parte dos municípios produtores de soja deste cluster (222 municípios) também produz milho (188 municípios ou 85%); a cana-de-açúcar é produzida por aproximadamente 13% e o algodão por 2% dos municípios e (Tabela 9).

Com relação às áreas totais médias, observa-se que os valores estão acima da área média do bioma no cluster de maior produtividade para as

áreas médias de florestas plantadas, lavouras e SAFs, áreas médias arrendadas e área em processo produtivo, mas não para a área média de pastagem. Os demais valores de áreas médias dos clusters de menor produtividade e intermediário, estão todos abaixo da média do bioma, exceto área de pastagens. As áreas médias de pastagens, portanto, estão acima da área média do bioma nos dois clusters de menor produtividade, com área quase duas vezes maior (200 ha) do que a área média do cluster de maior produtividade. Quanto às lavouras temporárias, as áreas médias do cluster mais produtivo (cerca de 797 ha) são bem mais representativas em relação à área média do bioma do que as áreas médias dos outros dois clusters (cerca de 438 ha). As áreas médias das florestas plantadas e dos SAFs são pouco significativas em relação aos valores das demais áreas médias, em particular no caso das áreas médias de florestas plantadas, com valores médios do bioma abaixo de 4,0 hectares e de 13 hectares, respectivamente. A área média arrendada pelos EPS do cluster menos produtivo, 50 hectares, é pouco representativa em relação às áreas dos dois clusters mais produtivos e da área arrendada média do bioma, de cerca de 250 hectares.

Os resultados mostram que aproximadamente 75% da área total dos EPS estão em processo produtivo, indicando o alto uso das terras do bioma com agricultura. As áreas de florestas plantadas e de SAFs tiveram menor importância em todos os clusters (ou seja, no Cerrado), em relação à área em processo produtivo, não alcançando 2% dos valores do bioma. A maior parte da área em processo produtivo em todos os clusters estava ocupada com lavouras temporárias, com destaque para o cluster de maior produtividade (85%). Já as áreas de pastagens alcançaram aproximadamente um terço da área em processo produtivo no cluster de menor produtividade e quase este percentual no cluster de produtividade intermediário, com o cluster de maior produtividade apresentando percentuais inferiores à média do bioma (12%). As áreas de pastagens, portanto, têm menor importância para os EPS do cluster de maior produtividade em relação aos demais cluster no que se refere à participação das pastagens na área em processo produtivo.

Aproximadamente 30% da área em processo produtivo esteve constituída por áreas arrendadas, com participação do cluster de menor produtividade

abaixo de 10% do total da área em processo produtivo (Tabela 4). Os percentuais de municípios produtores de soja e dos estabelecimentos produtores de soja desses municípios que arrendaram terras foram altos nos dois clusters mais produtivos (praticamente 100% no cluster de maior produtividade), enquanto que, no cluster de menor produtividade, esses percentuais foram de 27% e 48%, respectivamente, indicando uma importante diferença entre os EPS deste cluster em relação aos outros dois (Tabela 9).

Em relação à área em processo produtivo, a área colhida de soja cresce - proporcionalmente em relação à área cultivada - do cluster de menor para o de maior produtividade, sendo menor que 50% no primeiro caso e alcançando 76% no cluster de maior produtividade. O mesmo ocorre com o milho, porém o percentual da área colhida de milho em relação à área em processo produtivo variou entre 10% e 40%. A soma dos percentuais dessas duas culturas no cluster de maior produtividade é superior a 100%, indicando que pelo menos neste cluster, em alguma medida, a soja e o milho são cultivados nas mesmas áreas em diferentes épocas do ano.

A participação da área colhida de cana-de-açúcar foi menor que 2% da área em processo produtivo nos três clusters, e a área de algodão também, exceto no cluster de produtividade intermediária, que alcança 13% da área total em processo produtivo deste cluster. Ou seja, as culturas de cana-de-açúcar e de algodão não foram culturas de grande representatividade em termos de área colhida para os EPS do Cerrado. Em termos de receitas dessas duas culturas em relação às receitas da soja, a importância relativa também é pequena, 5% no caso da cana-de-açúcar e a metade disso no caso do algodão. O trigo foi inicialmente incluído no estudo, mas dada a menor relevância em termos de área média colhida (15,8 ha) e das receitas em relação à soja (0,3%), entre outras variáveis, foi excluído. Mas vale ressaltar que do total de EPS do bioma, 6.234 produziram trigo, um número comparativamente elevado em relação ao total de estabelecimentos que produziram cana-de-açúcar e algodão e com uma produtividade média de 2.875 kg/ha (superior à média do país no ano de 2017, que foi de 2.225 kg/ha).

Conclusões

O texto destaca que no bioma Cerrado a produção vegetal, especialmente de soja e milho, foi predominante na formação das receitas dos estabelecimentos agropecuários produtores de soja no ano do Censo Agropecuário. A soja contribuiu com 56,5% e o milho com 15,5% das receitas, enquanto outras culturas, como cana-de-açúcar e algodão, têm participações menores. As receitas de origem animal representaram entre 5% e 21% das receitas totais, dependendo do cluster. Nos estabelecimentos do cluster de maior produtividade da soja, as variáveis relacionadas às receitas (R\$), áreas (ha) e tecnologias (%) foram mais elevadas, e há uma tendência de aumento dessas variáveis com o aumento da produtividade da soja entre os clusters. Inversamente, áreas de pastagem e receitas de origem animal diminuem à medida que a produtividade da soja aumenta entre os clusters.

A relação entre as áreas médias das diferentes variáveis (área de lavouras, de pastagens, de SAFs e de florestas plantadas) com a área média em processo produtivo segue o mesmo padrão observado para as áreas totais, com crescimento dos percentuais dos EPS de menor para os de maior produtividade exceto no caso das pastagens, mas com variação mais acentuada entre os percentuais de cada cluster, reforçando as conclusões que: i) as áreas de lavouras temporárias são mais importantes para os EPS do cluster de maior produtividade; ii) as áreas de pastagens são mais importantes para os EPS de menor produtividade da soja; iii) as áreas de florestas plantadas e SAFs são pouco relevantes para os EPS do bioma; e, iv) o cluster de maior produtividade é o que utiliza maior proporção de terras arrendadas no processo produtivo.

Exceto pelo milho, a relevância das demais culturas analisadas, algodão e cana-de-açúcar, foi pequena no Cerrado, quando comparadas com a soja e mesmo quando comparadas com o milho para a maioria das variáveis. Em relação à soja, foram pouco representativas em termos de número de municípios (11% do total dos EPS como valor máximo) e de estabelecimentos produtores (mas 42% na cana-de-açúcar e 26% no algodão no

Cluster 2), pequenas áreas colhidas (6% para a cana-de-açúcar como maior valor) e baixas receitas de venda (13% para a cana-de-açúcar como maior valor). As receitas da venda de produtos de origem animal em relação às receitas com a venda de soja variaram acentuadamente entre os clusters, alcançando 55% no cluster de menor produtividade e 8% no cluster de maior produtividade.

Neste estudo, observa-se que o acesso à energia elétrica é quase universal entre os estabelecimentos produtores de soja no bioma Cerrado. Contudo, a baixa disponibilidade de armazéns para grãos (13% dos estabelecimentos do bioma) aponta para a urgência de políticas que incentivem, além dos programas governamentais existentes, o investimento na ampliação, modernização e reforma da capacidade de armazenamento para esses produtores.

Este trabalho contribui para o debate sobre os indicadores na cultura da soja, destacando a importância de considerar outras perspectivas além da tecnológica, como o valor bruto da produção e a sustentabilidade socioambiental. Isso se justifica pelo fato de que a soja já faz amplo uso de tecnologias, resultando em uma certa homogeneidade dos indicadores tecnológicos. Essas outras abordagens podem apoiar a formulação de políticas mais específicas para os diversos perfis de estabelecimentos agropecuários produtores de soja no Brasil.

Agradecimentos

Às Dras. Maria Cristina Neves de Oliveira e Ivani de Oliveira Negrão Lopes, pesquisadoras da área de Biometria e Estatística da Embrapa Soja, pela colaboração na seleção das variáveis dos estabelecimentos produtores de soja do Censo Agropecuário 2017.

Ao IBGE, pela tabulação especial dos dados dos Censos Agropecuários 2006 e 2017. Esclarecemos que o IBGE está isento de qualquer responsabilidade pelas opiniões, informações, dados e conceitos emitidos neste artigo, que são de exclusiva responsabilidade dos autores.

Referências

- ABAPA - Associação Baiana dos Produtores de Algodão. **Relatório técnico**: Repartição territorial da área cultivada, produção, produtividade e valor da produção do algodão por bioma e por estado. Barreiras, 2021. 15 p. Disponível em: <https://abapa.com.br/wp-content/uploads/2022/02/relatorio-final-reparticao-territorial-da-area-cultivada-producao-productividade-e-valor-da-producao-do-algodao-por-bioma-e-por-estado.pdf>. Acesso em: 4 out. 2024.
- CABRAL, L.; SAUER, S.; SHANKLAND, A. Introduction: Reclaiming the Cerrado - a territorial account of a disputed frontier. IN: CABRAL, L.; SAUER, S.; SHANKLAND, A. (ed). *Frontier territories: countering the green revolution legacy in the Brazilian Cerrado*. **IDS Bulletin**, v. 54, n. 1, p. 1-16, 2023.
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada; ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Cadeia da soja e do biodiesel**: PIB, empregos e comércio exterior – Primeiros Resultados e metodologia. 2023. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-da-cadeia-de-soja.aspx>. Acesso em: 4 out. 2024.
- CONAB. **Séries históricas das safras**: soja. Junho 2023 - safra 2023/2024. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>. Acesso em: 4 out. 2024.
- DEMPSTER, A. P.; LAIRD, N. M.; RUBIN, D. B. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, v. 39, n. 1, p. 1-38, 1977. DOI: 10.1111/j.2517-6161.1977.tb01600.x.
- EMBRAPA. Intensificação e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícolas. In: EMBRAPA: **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2018b. p. 64-83.
- EMBRAPA. Secretaria Geral. Gerência de Comunicação e Informação. **Embrapa em números**. Brasília, DF, 2022. 140 p.
- EMBRAPA. Trajetória da agricultura brasileira. In: EMBRAPA: **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2018a. p. 15-34.
- FAVARETO, A.; NAKAGAWA, L.; PÓ, M.; SEIFER, P.; KLEEB, S. Entre chapadas e baixões do Matopiba: dinâmicas territoriais e impactos socioeconômicos na fronteira da expansão agropecuária no cerrado. In: FAVARETO, A. (org.). **Entre chapadas e baixões do Matopiba**. São Paulo: Prefixo Editorial, 2019. 272 p.
- FLEXOR, G.; LEITE, S. P. Land market and land grabbing in Brazil during the commodity boom of the 2000s. **Contexto Internacional**, v. 39, n. 2, p. 393-420, 2017. DOI: 10.1590/S0102-8529.2017390200010.
- FRANK, E.; HALL, M. A.; WITTEN, I. **The WEKA workbench**: online appendix for “Data mining: practical machine learning tools and techniques”. 4th ed. Burlington: Morgan Kaufmann, 2016.
- GAZZONI, D. L.; DALL’AGNOL, A. **A saga da soja**: de 1050 a.C. a 2050 d.C. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 199 p.
- HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. **Data mining**: concepts and techniques. 3rd ed. Amsterdam: Morgan Kaufmann, 2012. 703 p.
- IBGE. **Brasil em síntese**: território. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>. Acesso em: 20 set. 2024.
- IBGE. **Censo agropecuário 2017**: resultados definitivos. Rio de Janeiro, 2019. v. 8, p. 1-105. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf. Acesso em: 25 abr. 2024.
- IBGE. Coordenação de Geografia. **A geografia da cana-de-açúcar**: Dinâmica territorial da produção agropecuária. Rio de Janeiro, 2017. 172 p.
- IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Estatísticas Agropecuárias. **Produção Agrícola Municipal 2022**: quantidade, área colhida, rendimento médio e valor da produção agrícola por município. Rio de Janeiro, 2023.
- IBGE. **Tabulação especial do Censo Agropecuário 2017 de estabelecimentos produtores de soja agregados por município**. Rio de Janeiro, 2022.
- KASTER, M.; FARIAS, J. R. B. **Regionalização dos testes de Valor de Cultivo e Uso e da indicação de cultivares de soja** - terceira aproximação. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 69 p. (Embrapa Soja. Documentos, 330). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/917252>. Acesso em: 30 abr. 2024.
- LANDAU, E. C.; HIRSCH, A.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; VALADARES, G. M.; MARTINS, J. L. A. Análise integrada da dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas. In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P. (ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas**: sistemas agrícolas, paisagem natural e análise integrada do espaço rural. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 4, cap. 57, p. 2125-2171.

MORAES, A. S.; GREGO, C. R.; FASIABEN, M. do C. R.; OLIVEIRA, O. C. de. Evolução da cultura da soja na agropecuária brasileira segundo os censos agropecuários 2006 e 2017. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 61., 2023, Piracicaba. **Agropecuária do futuro: tecnologia, sustentabilidade e a segurança alimentar: anais**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2023. 20 p.

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. v. 1, cap. 2, p. 39-58.

SAUER, S. Land and nature appropriation: deforestation, climate change narratives, and social-environmental resistances in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLIMATE CHANGE AND AGRARIAN JUSTICE, 2022. Proceedings... Agrarian Conversations, 2022.

SILVA, G. B. S. da; FASIABEN, M. do C. R.; NOGUEIRA, S. F.; GREGO, C. R.; MORAES, A. S.; ALMEIDA, M. M. T. B.; OLIVEIRA, O. C. de; EUSEBIO, G. dos S.; LOPES, W. M. O. **Método para determinar o bioma predominante nos municípios brasileiros**. Campinas: Embrapa Agricultura Digital, 2022. 18 p. (Embrapa Agricultura Digital. Circular técnica, 6). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1144751>. Acesso em: 6 fev. 2024.



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA
E PECUÁRIA

