

**Análise da produção, área cultivada, produtividade
e estabilidade produtiva da soja nos estados
brasileiros em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021)**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
27**

**Análise da produção, área cultivada, produtividade
e estabilidade produtiva da soja nos estados
brasileiros em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021)**

*Alvadi Antonio Balbinot Junior
Alexandre Lima Nepomuceno
Marcelo Hiroshi Hirakuri
Julio Cezar Franchini
Henrique Debiasi
Antônio Eduardo Coelho*

**Embrapa Soja
Londrina, PR
2022**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja
Rod. Carlos João Strass, s/n,
acesso Orlando Amaral
Caixa Postal 231,
CEP 86001-970
Distrito de Warta
Londrina, PR
(43) 3371 6000
www.embrapa.br/loja
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
Embrapa Soja

Presidente
Alvadi Antonio Balbinot Junior

Secretária-Executiva
Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

Membros
*Claudine Dinali Santos Seixas, Edson Hirose,
Ivani de Oliveira Negrão Lopes, José de Barros
França Neto, Liliane Márcia Mertz-Henning,
Marco Antonio Nogueira, Mônica Juliani
Zavaglia Pereira, Norman Neumaier*

Coordenadora de Editoração
Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol

Normalização bibliográfica
Valéria de Fátima Cardoso

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Marisa Yuri Horikawa

Foto da capa
Antonio Neto - Arquivo Embrapa Soja

1ª edição
PDF Digitalizado (2022)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Análise da produção, área cultivada, produtividade e estabilidade produtiva da
soja nos estados brasileiros em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021) / Alvadi
Antonio Balbinot Junior ... [et al.]. – Londrina : Embrapa Soja, 2022.

20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Soja, ISSN : 2178-
1680 ; n. 27).

1. Soja. 2. Safra. 3. Produção. I. Balbinot Junior, Alvadi Antonio. II. Nepomu-
ceno, Alexandre Lima. III. Hirakuri, Marcelo Hiroshi. IV. Franchini, Julio Cezar. V.
Debiasi, Henrique. VI. Coelho, Antônio Eduardo. VII. Série.

CDD: 633.34 (21. ed.)

Sumário

Introdução.....7

Material e Métodos9

Resultados e Discussão10

Conclusão.....18

Referências18

Análise da produção, área cultivada, produtividade e estabilidade produtiva da soja nos estados brasileiros em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021)

Alvadi Antonio Balbinot Junior¹

Alexandre Lima Nepomuceno¹

Marcelo Hiroshi Hirakuri²

Julio Cezar Franchini¹

Henrique Debiasi¹

Antônio Eduardo Coelho³

Resumo – O objetivo desse trabalho foi analisar a evolução da área cultivada, produção, produtividade e estabilidade produtiva da soja nos principais estados brasileiros produtores, entre as safras 1996/1997 e 2020/2021. Os dados foram obtidos junto à Companhia Nacional de Abastecimento, sendo estimadas as taxas anuais absolutas e relativas de crescimento da produção, área e produtividade da soja, por meio de modelos lineares. A estabilidade da produtividade foi estimada pelo coeficiente de variação e pela amplitude de rendimento no período avaliado. As taxas anuais de crescimento da produção, área e produtividade da soja no Brasil no período analisado foram de 4,4 milhões de toneladas (16,7%), 1,12 milhões de ha (9,8%) e 46,7 kg ha⁻¹ (2,03%), respectivamente. As maiores taxas anuais de aumento da produtividade ocorreram no Rio Grande do Sul e Bahia e as menores em Rondônia e Mato Grosso. Constatou-se correlação negativa entre a produtividade média de soja dos estados e o coeficiente de variação. Os estados que apresentaram maiores produtividades médias e estabilidade de produção foram Rondônia e Mato Grosso. Por outro lado, Rio Grande do Sul, Piauí, Tocantins e Bahia apresentaram as menores produtividades médias e estabilidade de produção.

Palavras-chave: crescimento anual da área cultivada, crescimento anual da produtividade, crescimento anual da produção, estabilidade produtiva.

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

² Cientista da computação e Administrador, mestre, analista da Embrapa Soja, Londrina, PR.

³ Engenheiro-agrônomo, mestre, doutorando da Universidade do Estado de Santa Catarina, Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, SC.

Analysis of soybean production, cultivated area, yield and yield stability in Brazil in 25 growing seasons (from 1996/1997 to 2020/2021)

Abstract – This work aimed at analyzing the dynamics of soybean production, area, yield and yield stability in the most important Brazilian soybean-producing States, from 1996/1997 to 2020/2021 growing seasons. Data obtained from the National Supply Company were used to estimate the annual growth rate of soybean production, area and yield, through empirical linear models. The soybean yield stability was estimated by the variation coefficient and by the range of yield among the evaluated growing seasons. The annual growth rate of soybean production, area and yield in Brazil was 4.4 million metric ton (16.7%), 1.12 million ha (9.8%), and 46.7 kg ha⁻¹ (2.03%), respectively. The highest annual growth rates of soybean yield were observed in the States of Rio Grande do Sul and Bahia and the lowest in the Rondônia e Mato Grosso. The average soybean yields were negatively correlated with the variation coefficient. The States that presented the highest average yields and stability were Rondônia and Mato Grosso. On the other hand, Rio Grande do Sul, Piauí, Tocantins and Bahia showed the lowest yields and stability.

Keywords: annual area growth, annual yield growth, annual production growth, yield stability.

Introdução

O consumo mundial de proteína animal, sobretudo das carnes de frango e de suíno, aumentou expressivamente nos anos 2000, com Taxas Geométricas de Crescimento (TGC) de 3,1% e 1,1% ao ano, respectivamente, no período 2001-2021 (Estados Unidos, 2021). Um dos impactos gerados por este fato foi o aumento na demanda por farelos proteicos utilizados na fabricação de ração animal, normalmente oriundos de grãos de soja (Henchion et al., 2014). Nesse contexto, o consumo mundial de soja em grão passou de 171,0 milhões de toneladas (Mt) no ano agrícola 2000/2001 para 363,0 Mt em 2020/2021, o que correspondeu a uma TGC de 3,9% ao ano. Referente ao farelo de soja, o consumo no período passou de 116,1 para 245,0 Mt, com uma TGC de 3,8% ao ano.

O outro produto derivado da soja em grão é o óleo. No ano agrícola 2000/2001, 96,1% do consumo do produto estava associado à alimentação humana (Estados Unidos, 2021). Porém, o fortalecimento da política energética mundial com o conseqüente avanço da geração de energia renovável teve como impacto o aumento na produção de biocombustíveis (Benavides et al., 2013). Assim, parte substancial do excedente de óleo de soja passou a ser consumido pelo setor industrial, cuja representatividade no consumo do produto passou de 3,2% no ano agrícola 2000/2001 para 19,0% em 2020/2021, contudo sem afetar a alimentação humana, responsável por 80,9% do consumo mundial atual de óleo de soja (Estados Unidos, 2021).

Em um cenário marcado pelo crescimento no consumo de proteína animal e óleos alimentícios e pela maior preocupação com a saúde e o desenvolvimento de novas matrizes energéticas, a soja se tornou uma das *commodities* mundiais mais importantes e a principal do Brasil. O agronegócio da oleaginosa é sustentado por diferentes segmentos, como produção de carnes, elaboração de bebidas à base de soja, fabricação de óleos alimentícios (Rigo et al., 2015) e geração de biocombustíveis (Castanheira et al., 2015).

Entre os anos agrícolas de 2000/2001 a 2020/2021, houve uma expansão territorial da soja em nível mundial, impulsionada pelo Brasil, Índia e Argentina. Contudo, a TGC da área foi de 2,6% ao ano, bem inferior ao crescimento da produção do grão (4,1% a.a.). Esse descompasso foi compensado pelo aumento na produtividade mundial da soja, que saltou de 2.326

kg ha⁻¹ para 2.864 kg ha⁻¹ e apresentou uma TGC anual de 1,2% no período (Estados Unidos, 2021). Em outros termos, a evolução da produtividade, especialmente no Brasil e Estados Unidos, tem sido aspecto vital para que o consumo crescente do grão seja atendido pelos países produtores.

Considerando seus três produtos, grão, farelo e óleo, o complexo agroindustrial da soja assumiu a primeira posição no comércio mundial do agronegócio brasileiro em 2020 (Brasil, 2021), com um valor exportado de U\$ 35,2 bilhões, representando 35% das exportações do setor econômico. Em 2021, até novembro, o referido complexo já exportou U\$ 45,8 bilhões, de um total de U\$ 110,7 bilhões exportados pelo agronegócio nacional, sendo responsável por mais de 41% desse total. Nesse contexto, o Brasil é o maior exportador mundial de soja em grão, atendendo a demanda crescente pelo produto, especialmente da China, além de ser o segundo principal exportador de farelo e óleo, mesmo com elevado consumo interno destes produtos (Estados Unidos, 2021).

A oleaginosa é cultivada em todas as cinco regiões do Brasil (Hirakuri et al. 2018, 2019a, 2019b, 2020),, em diferentes ambientes, de regiões frias, com altitude superior a 1200 m, a regiões quentes, com baixas altitudes e latitudes. Com isso, existe uma diferença relevante no rendimento e na estabilidade produtiva da soja nas diferentes regiões de cultivo. Nesse sentido, a análise da dinâmica da área cultivada, produção e produtividade do grão é essencial para alinhar ações de agentes do setor agrícola, pois a geração de tecnologias e conhecimentos e sua transferência exigem estudos e atividades específicas, conforme a região sojícola. Por exemplo, em regiões com condições edafoclimáticas mais favoráveis à cultura há demandas por tecnologias e conhecimentos para maximizar a produtividade, enquanto em ambientes menos favoráveis o foco é incrementar a estabilidade produtiva em patamares que permitam a sustentabilidade da cadeia produtiva. Nesse sentido, é fundamental conhecer o contexto da produção de soja nos estados produtores, entendendo os aspectos favoráveis e desfavoráveis à cultura e ao sistema de produção em que a oleaginosa está inserida. Paralelamente, o conhecimento da dinâmica da soja em diferentes estados pode embasar políticas públicas regionais para aumentar a sustentabilidade do negócio no longo prazo.

O objetivo desse trabalho foi analisar a evolução da área cultivada, produção, produtividade e estabilidade produtiva da soja nos principais estados brasileiros produtores da cultura, entre as safras 1996/1997 e 2020/2021.

Material e Métodos

Os dados anuais de área cultivada com soja, produção e produtividade por estado em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021) foram obtidos junto à série histórica divulgada pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2021). A análise abrangeu o país e os estados que apresentaram no mínimo 25 anos de dados, com exceção do PA, que apresentou dados das últimas 24 safras. Portanto, os estados considerados nessa pesquisa foram: RS, SC, PR, SP, MS, MT, GO, MG, PA, RO, PI, MA e TO, além do DF.

Os dados de área cultivada, produção e produtividade de soja foram relativizados com base nos dados da safra 1996/1997 - primeira safra da série considerada - a fim de analisar o crescimento anual das três variáveis em termos percentuais. Após, foram ajustados modelos lineares aos dados para estimar as taxas anuais absolutas e relativas de crescimento.

Para avaliar a estabilidade da produtividade de grãos de soja nos estados produtores, foi calculado o coeficiente de variação (CV) nas 25 safras analisadas. Adicionalmente, foram determinadas as produtividades mínimas, máximas e amplitude de produtividade para cada estado, considerando todo o período de avaliação. A probabilidade mínima do erro utilizada nas análises de regressão linear e correlação foi de 5%. As análises foram realizadas com auxílio de planilhas Excel e softwares Sigmaplot 13.0 e Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

O modelo linear apresentou ajuste significativo ($p < 0,01$) aos dados de área cultivada com soja no período de 1996/1997 a 2020/2021 em todos os estados brasileiros (Tabela 1). No Brasil, a taxa anual média de aumento de área cultivada com soja nas últimas 25 safras foi de aproximadamente 1,1 milhão de hectares. Essa expansão evidencia a importância da cadeia produtiva da cultura para a agricultura e economia das diversas regiões, principalmente aquelas localizadas no interior do Brasil.

O MT foi o estado que apresentou a maior taxa média anual de incremento de área - cerca de 351 mil ha ano⁻¹. Como apontaram agentes do agronegócio estadual (Hirakuri et al., 2019b), os seguintes fatores foram cruciais para este avanço: (a) contexto mercadológico favorável; (b) a existência de extensas áreas com pastagens degradadas, aptas para o cultivo de grãos; (c) a adaptação das tecnologias de produção de soja às condições edafoclimáticas locais; (d) a consolidação e dimensão obtida pela cadeia produtiva da soja. O PR e o RS também apresentaram elevadas taxas absolutas de aumento de área, sobretudo em função da substituição do milho de primeira safra pela oleaginosa (Franchini et al., 2016), além da inserção da soja em sistemas de produção em que a cultura não estava presente antes da safra 1996/1997, como, por exemplo, em integração com a pecuária na região Noroeste do PR (Franchini et al., 2011).

Tendo como base a safra 1996/1997, o Brasil apresentou um aumento percentual de área cultivada com soja próximo de 10% ao ano no período avaliado (Tabela 1). Os estados do PA, RO, TO e PI foram os que apresentaram os maiores crescimentos percentuais de área cultivada com a oleaginosa no período. Em parte isso ocorreu porque a área cultivada na primeira safra da série era pequena, ou seja, a cultura estava sendo introduzida nestes estados. Assim, esses quatro estados representaram e representam importantes fronteiras de expansão da cultura no Brasil. Por sua vez, a área cultivada com soja em estados tradicionais na produção da cultura, como RS e PR, obteve um crescimento expressivo em valores absolutos, mas baixo em termos percentuais.

Conforme um extenso diagnóstico realizado sobre a sojicultura brasileira (Hirakuri et al. 2018, 2019a, 2019b, 2020), verificou-se que a maior parte

do aumento da área de soja nas regiões de expansão agrícola do Centro, Norte e Nordeste, ocorreu sobre pastagens degradadas, subutilizadas ou até mesmo abandonadas por seus proprietários. Também foi identificada uma expansão significativa da oleaginosa sobre áreas ocupadas por cultivos, tanto permanentes como o café, quanto temporários, como milho, feijão, arroz e algodão, cenário observado em todas as cinco regiões do Brasil. Nos pampas do RS, o declínio econômico da pecuária também possibilitou um avanço significativo da soja no Sudoeste Rio-Grandense. Por fim, houve a introdução e expansão da soja em contextos específicos, como as rotações com arroz na metade sul do RS, com semente de capim no Norte de MG, com milho no Nordeste da BA, e a renovação de áreas canavieiras no Norte de SP. Esse cenário foi preponderante para a área de soja passar de 11,4 para 38,9 milhões de hectares no período avaliado.

Tabela 1. Taxa anual absoluta (mil ha) e relativa (%) de aumento de área cultivada com soja no Brasil e nos estados brasileiros em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021).

	Taxa anual (mil ha)	Taxa anual (%)	R ² ajustado
Brasil	1118,0**	9,8**	0,96
RS	132,5**	4,5**	0,93
SC	23,1**	9,6**	0,96
PR	132,7**	5,3**	0,96
SP	20,9**	3,6**	0,63
MG	47,5**	9,1**	0,89
MS	84,7**	9,8**	0,89
MT	351,5**	16,8**	0,97
GO	101,0**	10,2**	0,92
DF	1,8**	5,4**	0,88
MA	38,4**	32,0**	0,96
TO	49,0**	223,9**	0,93
PI	36,7**	204,9**	0,96
BA	51,0**	11,2**	0,96
PA	29,6**	1138,6**	0,81
RO	16,0**	484,2**	0,93

** Coeficientes significativos a 1% de probabilidade.

O modelo linear apresentou ajuste aos dados de produção de grãos de soja nas 25 safras avaliadas (Tabela 2). No Brasil, a taxa média anual de aumento de produção foi superior a 4 Mt. O MT foi o estado que apresentou o maior crescimento de produção anual - superior a 1,2 Mt por ano. Outros estados que também apresentaram elevado crescimento da produção foram RS, PR, GO e MS, maiores produtores da oleaginosa, após o MT. Similarmente ao observado para área cultivada, os estados do PA, TO, RO e PI apresentaram as maiores taxas anuais percentuais de aumento de produção. Por sua vez, SP e PR apresentaram as menores taxas percentuais de aumento de produção por ano.

Tabela 2. Taxa anual absoluta (mil t) e relativa (%) de aumento de produção de soja no Brasil e nos estados brasileiros em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021).

	Taxa anual (mil t)	Taxa anual (%)	R ² ajustado
Brasil	4388,0**	16,7**	0,94
RS	611,9**	12,8**	0,74
SC	92,4**	16,5**	0,92
PR	590,3**	9,0**	0,89
SP	102,3**	7,7**	0,70
MG	204,3**	17,4**	0,87
MS	362,0**	16,8**	0,87
MT	1257,0**	21,9**	0,97
GO	412,8**	16,7**	0,95
DF	8,6**	10,3**	0,88
MA	120,6**	47,8**	0,89
TO	150,4**	763,8**	0,90
PI	112,3**	313,9**	0,85
BA	215,5**	21,3**	0,86
PA	90,4**	1644,1**	0,81
RO	53,6**	602,4**	0,91

** Coeficientes significativos a 1% de probabilidade.

Em todos os estados brasileiros houve aumento linear da produtividade da soja, considerando as 25 safras avaliadas (Tabela 3). No Brasil, a produtividade da soja aumentou, em média, 46,7 kg ha⁻¹ ano⁻¹. O RS e a BA obtiveram as maiores taxas de aumento de produtividade, alcançando patamares superiores a 60 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Por outro lado, RO e MT apresentaram as menores taxas de aumento anual de produtividade, ficando inferiores a 26 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Isso decorre, principalmente, em função da elevada produtividade registrada na primeira safra da série considerada (1996/1997). O aumento gradativo da produtividade da soja, além de permitir a viabilidade econômica da cultura, também foi importante para evitar a abertura de novas áreas - o chamado efeito “poupa-terra”. No Brasil, o aumento de produtividade de soja desde a década de 1960 permitiu um efeito poupa-terra de, aproximadamente, 71 milhões de hectares (Gazzoni et al., 2021).

Tabela 3. Taxa anual absoluta (kg ha⁻¹) e relativa (%) do incremento de produtividade de soja no Brasil e nos estados brasileiros em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021).

	Taxa anual (kg ha ⁻¹)	Taxa anual (%)	R ² ajustado
Brasil	46,7**	2,03**	0,76
RS	65,7**	4,05**	0,45
SC	58,2**	2,50**	0,67
PR	42,7**	1,62**	0,48
SP	51,7**	2,25**	0,65
MG	57,6**	2,60**	0,80
MS	54,8**	2,19**	0,58
MT	25,5**	0,93**	0,62
GO	42,7**	1,70**	0,67
DF	54,0**	2,25**	0,72
MA	34,0**	1,60**	0,38
TO	51,1**	5,68**	0,53
PI	42,5**	2,12**	0,23
BA	65,4**	2,94**	0,56
PA	39,7**	1,87**	0,60
RO	19,6**	0,73**	0,57

** Coeficientes significativos a 1% de probabilidade.

Nas 25 safras avaliadas, houve correlação negativa entre a produtividade de grãos e o CV dessa variável nos estados brasileiros (Figura 1). Essa correlação já havia sido verificada por Balbinot Junior et al. (2017a). Isto demonstra que a variabilidade temporal é um dos fatores que limita o incremento da produtividade média dos estados. Em uma análise geral, RO e MT se destacam por apresentarem as maiores produtividades médias e as menores variações de produtividade entre as safras (Tabela 4).

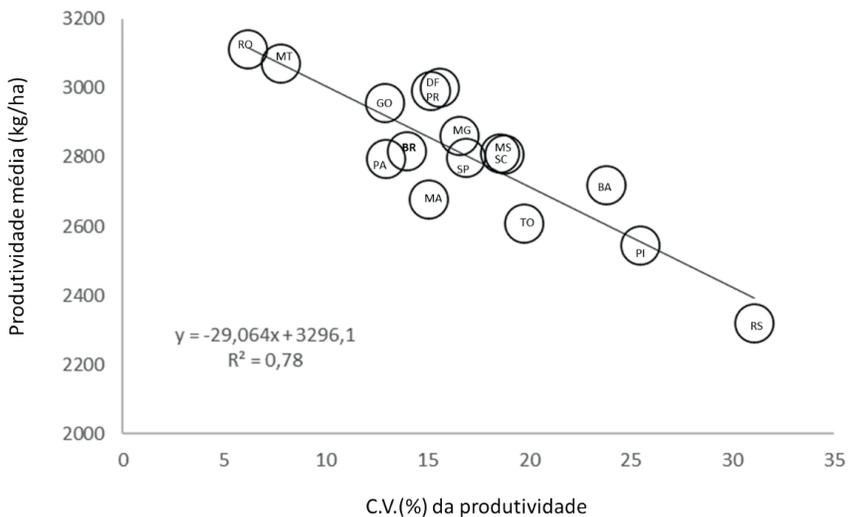


Figura 1. Relação entre a produtividade média e o coeficiente de variação (C.V.) da produtividade nos estados brasileiros em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021).

As menores produtividades médias e os maiores CV e amplitude de produtividade foram observados no RS, PI, BA e TO (Figura 1 e Tabela 4). Nesses estados, o déficit hídrico é o principal estresse que afeta a estabilidade produtiva da cultura (Petter et al., 2013; Zandoná et al., 2015). Chama a atenção o RS, em que a produtividade média foi de somente 2.319 kg ha⁻¹ e o CV da produtividade 31,1%. Particularmente no RS, a precipitação pluvial durante o ciclo da soja é que determina em grande parte a variabilidade interanual da produção da oleaginosa (Battisti et al., 2013). Não obstante à baixa produtividade média e a alto CV da produtividade no RS, o estado apresentou nas últimas 25 safras a maior taxa de incremento de produtividade entre os estados (Tabela 3). Os demais estados (SC, PR, SP, MG, MS, GO, MA e PA) e o DF apresentaram produtividades médias e CV intermediários.

Tabela 4. Produtividade média, coeficiente de variação (%) da produtividade, produtividade máxima, produtividade mínima, produtividade máxima e amplitude de produtividade de soja no Brasil e nos estados brasileiros em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021).

	Produtividade média (kg ha ⁻¹)	C.V. (%)	Produtividade máxima (kg ha ⁻¹)	Produtividade mínima (kg ha ⁻¹)	Amplitude de produtividade (kg ha ⁻¹)
Brasil	2815	14,0	3528	2245	1283
RS	2319	31,1	3433	698	2735
SC	2808	18,6	3642	1840	1802
PR	2990	15,2	3925	2337	1588
SP	2797	16,9	3700	2100	1600
MG	2859	16,6	3810	2250	1560
MS	2805	18,8	3767	1850	1917
MT	3070	7,8	3587	2695	892
GO	2954	12,9	3715	2390	1325
DF	3000	15,6	3900	2100	1800
MA	2675	15,1	3267	1590	1677
TO	2606	19,8	3322	900	2422
PI	2544	25,5	3573	1050	2523
BA	2717	23,8	4020	1830	2190
PA	2794	13,0	3270	2038	1232
RO	3111	6,2	3541	2660	881

Nos estados que apresentam altas produtividades médias e baixos CV, sobretudo MT e RO, sugere-se que as práticas de manejo visem o aproveitamento da oferta ambiental para obtenção de altas produtividades. Nestes estados, geralmente a precipitação anual está entre 1.300 mm e 2.400 mm (Hirakuri et al., 2019b), conforme região de cultivo, com oferta hídrica adequada durante a safra de soja, promovendo estabilidade produtiva em patamares relativamente elevados. As condições mais favoráveis à expressão do potencial de produtividade das cultivares de soja nesses estados pode fundamentar o ajuste nos investimentos com insumos, pois há menor risco da atividade. Em contrapartida, nos estados que apresentam menores produtividades e altos CV, as práticas de manejo devem focar no aumento da estabilidade para viabilizar a cultura no médio/longo prazo. Nesta circunstância é necessário avançar em modelos de produção mais diversificados, como por exemplo, a integração lavoura-pecuária, a fim de aumentar o número de atividades econômicas e a qualidade do solo (Balbinot Junior et al., 2009). Nesse contexto, o desenvolvimento, difusão e uso de tecnologias que permitam maior estabilidade de renda nas propriedades é relevante.

É necessário enfatizar que há variabilidade de condições edafoclimáticas e de uso de tecnologias entre regiões do mesmo estado. Isso foi determinado, por exemplo, no PR (Franchini et al., 2016). Dessa forma, a análise ora realizada considera os estados como unidades de avaliação, não considerando as particularidades regionais dentro dos mesmos.

No período avaliado, de 1996/1997 a 2020/2021, vários eventos climáticos, como estiagens, certamente limitaram significativamente os ganhos de produtividade da soja nos estados brasileiros. Além disso, ocorreram várias mudanças/problemas ocorreram nos sistemas de produção que limitaram o aumento da produtividade de grãos de soja no Brasil e que contribuíram para variações significativas ao longo do tempo, dentre os quais se destacam:

- Expansão da cultura da soja em áreas de pastagens degradadas sem a devida correção química e/ou física do solo, limitando a produtividade nos primeiros anos de cultivo (Buainain; Garcia, 2015);
- Predomínio de sistemas de produção que utilizam poucas espécies cultivadas, caso da sucessão soja/milho segunda safra e soja/pousio, provocando baixo aporte de fitomassa da parte aérea e raízes, o que tem provocado alguns problemas, como compactação do solo manejado em

Sistema Plantio Direto e alta incidência de algumas doenças necrotróficas e fitonematoides (Franchini et al., 2012; Balbinot Junior et al., 2017b; Balbinot Junior et al., 2020a; Bertollo et al., 2021). A degradação física e biológica do solo certamente é um fator que tem limitado expressivamente os ganhos com produtividade de soja no Brasil;

- Surgimento e/ou aumento de incidência de doenças, tais como ferrugem asiática e mofo branco; fitonematoides; insetos-praga, como o percevejo-marrom; e plantas daninhas de difícil controle;
- Redução da duração do ciclo de desenvolvimento da soja para permitir a semeadura de culturas na segunda safra, sobretudo o milho, o que pode não aumentar ou até mesmo diminuir o potencial de rendimento da cultura, no processo de seleção por novas cultivares;
- Antecipação da época de semeadura da soja para viabilizar a semeadura das culturas de segunda safra, especialmente o milho, e para reduzir problemas fitossanitários no final do ciclo. Com isso, podem ocorrer condições climáticas menos propícias à formação do estande e ao crescimento inicial das plantas e/ou aumentar as perdas de produtividade em razão de chuvas na colheita (Balbinot Junior et al., 2020b); e
- Aumento da escala de produção, especialmente na região central do país, o que, juntamente com o encurtamento do período de semeadura, tratos culturais e colheita, estimula a calendarização das atividades, o que pode limitar a produtividade da cultura e aumentar os custos de produção.

Adicionalmente, salienta-se que o objetivo do produtor deve ser maximizar seu retorno econômico-financeiro (Kuhnen, 2008), ou seja, maximizar a rentabilidade dos investimentos realizados no negócio agrícola. Para tanto, é necessário adotar um sistema de produção resiliente, que propicie menores risco e impacto ambiental, ao invés de maiores produtividades de culturas isoladas. Como expressa a Lei dos Rendimentos Decrescentes, em um determinado ponto, a receita obtida pela adição de insumos produtivos se tornará decrescente, de tal forma que a máxima eficiência econômico-financeira difere da máxima eficiência técnica (máxima produtividade).

Apesar das limitações citadas, a produtividade de soja aumentou em todos os estados brasileiros de 1996/1997 a 2020/2021, o que indica que as ações de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologias estão sendo eficientes. Ademais, retrata a organização da cadeia produtiva da soja no Brasil e principalmente o empreendedorismo e a eficiência dos produtores de soja, como discutido por Garret et al. (2013).

Conclusão

Em 25 safras (1996/1997 a 2020/2021), a soja apresentou crescimento significativo de área e produtividade no Brasil. A associação do aumento de área e produtividade proporcionaram elevado crescimento de produção da oleaginosa.

Nas 25 safras avaliadas, constatou-se correlação negativa entre a produtividade média de soja dos estados e o coeficiente de variação da produtividade. Os estados que apresentaram maiores produtividade médias e estabilidade de produção foram RO e MT. Por outro lado, RS, PI, TO e BA apresentaram menores produtividades médias e reduzida estabilidade de produção.

Referências

BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O. Instalação da lavoura. In: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020b. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17). p. 81-92.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; COELHO, A. E.; SAPUCAY, M. J. L. da C.; BRATTI, F.; LOCATELLI, J. L. Performance of soybean grown in succession to black oat and wheat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, e01654, 2020a.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A. H. Contribution of roots and shoots of *Brachiaria* species to soybean performance in succession. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 592-598, 2017b.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; HIRAKURI, M. H.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; RIBEIRO, R. H. **Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016)**. Londrina: Embrapa Soja, 2017a. 21 p. (Embrapa Soja. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 11).

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, p.1925-1933, 2009.

BATTISTI, R.; SENTELHAS, P. C.; PILAU, F. G.; WOLLMANN, C. A. Eficiência climática para as culturas da soja e do trigo no estado do Rio Grande do Sul em diferentes datas de semeadura. **Ciência Rural**, v. 43, p. 390-396, 2013.

BENAVIDES, P. T.; SALAZAR, J.; DIWEKAR, U. Economic comparison of continuous and batch production of biodiesel using soybean oil. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 32, p.11-24, 2013.

BERTOLLO, A. M.; MORAES, M. T. de; FRANCHINI, J. C.; SOLTANGHEISI A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; LEVIEN, R.; DEBIASI, H. Precrops alleviate soil physical limitations for soybean root growth in an Oxisol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 206, 104820, 2021. 11 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas de comércio exterior do agronegócio brasileiro**. 2021. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 15 dez. 2021.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Evolução recente do agronegócio no cerrado nordestino. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 23, p. 166-195, 2015.

CASTANHEIRA, E. G.; GRISOLI, R.; COELHO, S.; SILVA, G. A.; FREIRE, F. Life-cycle assessment of soybean-based biodiesel in Europe: comparing grain, oil and biodiesel import from Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, p. 188-201, 2015.

CONAB. **Séries históricas de safras**: grãos - por produto. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 17 jan. 2021.

Estados Unidos. Department of Agriculture. **Market and trade data**. 2021. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>. Acesso em: 8 dez. 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; NITSCHKE, P. R.; DEBIASI, H.; LOPES, I. de O. N. **Variabilidade espacial e temporal da produção de soja no Paraná e definição de ambientes de produção**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 42 p. (Embrapa Soja. Documentos, 374).

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TONON, B. C.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N. de; TORRES, E. Evolution of crop yields in different tillage and growing systems over two decades in Southern Brazil. **Field Crops Research**, v.137, p.178-185, 2012.

FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. P. da; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SICHIERI, F.; PADULLA, R.; DEBIASI, H.; MARTINS, S. S. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Noroeste do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 14 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 86).

GARRET, R. D.; LAMBIN, E. F.; NAYLOR, R. L. Land institutions and supply chain configurations as determinants of soybean planted area and yield in Brazil. **Land Use Policy**, v. 31, p. 385-396, 2013.

GAZZONI, D. L.; HIRAKURI, M. H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; ARIAS, C. A. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; CONTE, O.; NOGUEIRA, M. A.; BUENO, A. de F.; SEIXAS, C. D. S.; SILVEIRA, J. M. Liderança e recordes de produtividade de soja com base em tecnologia e sistemas intensivos de uso da terra. In: TELHADO, S. F. P. e; CAPDEVILLE, G. de (Ed.). **Tecnologias poupa-terra 2021**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 7. p. 113-139.

HENCHION, M.; MCCARTHY, M.; RESCONI, V. C.; TROY, D. Meat consumption: trends and quality matter. **Meat Science**, v. 98, p. 561-568, 2014.

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (ed.). **Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 1**. Londrina: Embrapa Soja, 2019a. 113 p. (Embrapa Soja. Documentos, 423).

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (ed.). **Diagnóstico da produção de soja nas macrorregiões sojícolas 2 e 3**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 124 p. (Embrapa Soja. Documentos, 435).

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (ed.). **Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 4**. Londrina: Embrapa Soja, 2019b. 119 p. (Embrapa Soja. Documentos, 412).

HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (ed.). **Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 5**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 120 p. (Embrapa Soja. Documentos, 405).

KUHNEN, O. L. **Finanças empresariais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 386 p.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ZUFFO, A. M.; PIAULILINO, A. C.; XAVIER, Z. F.; SANTOS, J. M.; MIRANDA, J. M. S. Desempenho de plantas de cobertura submetidas à déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 3307-3320, 2013.

RIGO, A. A.; DAHMER, A. M.; STEFFENS, C.; STEFFENS, J.; CARRÃO-PANIZZII, M. C. Characterization of soybean cultivars genetically improved for human consumption. **International Journal of Food Engineering**, v. 1, p. 1-7, 2015.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 128-137, 2015.

Embrapa

Soja

