

EXPANSÃO DO CULTIVO DE SOJA NO RIO GRANDE DO SUL: Seu Efeito Sobre a Gestão de Riscos e Composição Agrícola

<http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2023.59.14086>

Submetido em: 1/3/2023

Aceito em: 18/7/2023

Ronaldo Torres¹, André Luis Zorzi², Vitor Augusto Ozaki³, Gilson Martins⁴

RESUMO

Este trabalho analisou os riscos de produção relacionados à expansão do cultivo de soja nas mesorregiões do Estado do Rio Grande do Sul no período de 2001 a 2020, com ênfase nas implicações desse processo para o mercado do seguro rural. Utilizando a metodologia *Shift-Share* foi possível observar o efeito escala e substituição da composição das áreas cultivadas nas diferentes regiões do Estado. Além disso, por meio do coeficiente de variação da produtividade da soja, foi construído um índice de risco relativo. Os resultados obtidos neste trabalho mostram uma expansão da área de soja que ocorreu principalmente sobre áreas de campos, onde 1,58 milhão hectares foram convertidos em áreas de soja, seguida pela cultura de milho, que teve área de 336 mil hectares convertidos. A região Sul do Estado, que é favorecida comercialmente pela presença do Porto do Rio Grande, está entre as regiões que tiveram o pior desempenho de produtividade e os mais altos índices de risco relativos para a cultura da soja. Em contraste, as mesorregiões Noroeste e Nordeste mostraram os menores valores esperados para o risco relativo, além de terem a menor proporção do prêmio convertido em indenizações.

Palavras-chave: Shift-Share; soja; agricultura; seguro rural.

EXPANSION OF SOYBEAN CULTIVATION IN RIO GRANDE DO SUL: ITS EFFECT ON RISK MANAGEMENT AND AGRICULTURAL COMPOSITION

ABSTRACT

This study analyzed the production risks associated with the expansion of soybean cultivation in the mesoregions of the state of Rio Grande do Sul from 2001 to 2020, with a focus on the implications of this process for the rural insurance market. Using the Shift-share methodology, it was possible to observe the scale effect and substitution of the composition of the cultivated areas in different regions of the state. In addition, through the coefficient of variation of soybean productivity, a relative risk index was constructed. The results obtained in this work show an expansion of the soybean area that occurred mainly over fields, where 1.58 million hectares were converted into soybean areas, followed by the corn crop, which had an area of 336 thousand hectares converted. The Southern region of the state, which is commercially favored by the presence of the Porto of Rio Grande, is among the regions that had the worst productivity and the highest rates of relative risk for soybeans. In contrast, the Northwest and Northeast regions showed the lowest expected values for relative risk, as well as having the lowest proportion of the premium converted into claims.

Keywords: Shift-share; soybeans; agriculture; rural insurance.

¹ Universidade de São Paulo (USP). Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada. São Paulo/SP, Brasil. <http://orcid.org/0000-0002-5295-7969>

² Universidade de São Paulo (USP). Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada. São Paulo/SP, Brasil. <http://orcid.org/0000-0002-6861-2068>

³ Universidade de São Paulo (USP). Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada. São Paulo/SP, Brasil. <http://orcid.org/0000-0002-0781-4475>

⁴ Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba/PR, Brasil. <http://orcid.org/0000-0002-9994-3505>

INTRODUÇÃO

A importância do Rio Grande do Sul no desenvolvimento da agricultura é historicamente reconhecida. Desde sua introdução, o Estado tornou-se referência nacional no cultivo de diversas modalidades agrícolas, com destaque para a cultura da soja. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2022), o Estado do Rio Grande do Sul, que cultivava 3,3 milhões de hectares de soja em 2001, expandiu para 6 milhões de hectares duas décadas depois. Em 2020 a cultura da soja teve uma participação relativa de 76% sobre o cultivo total das culturas temporárias de verão, destacando uma grande relevância e predominância deste cultivo no Estado, conforme os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

Além disso, o Rio Grande do Sul é o segundo Estado com a maior demanda por seguros agrícolas, ficando somente atrás do Estado do Paraná. Destaca-se, ainda, que no período de 2006 a 2020 o Rio Grande do Sul foi o Estado que mais pagou indenizações de seguros rurais, totalizando 1,83 bilhão, que correspondem a 69,89% do prêmio total, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2022b). O objetivo do seguro agrícola, conforme destaca Ozaki e Dias (2009), é indenizar o produtor toda vez que sua produtividade se situe em um patamar abaixo da produtividade garantida pela seguradora. Em situações em que os riscos não são bem-definidos, o pagamento de indenizações pode afetar o balanço financeiro das seguradoras e, por consequência, afetar o desenvolvimento do mercado de seguros.

Desta maneira, o presente trabalho pretende avaliar a dinâmica do processo de expansão da soja no Estado do Rio Grande do Sul no período de 2001 a 2020, buscando identificar em quais mesorregiões esse processo ocorreu com maior intensidade. Além disso, sendo a agricultura uma atividade que apresenta elevado grau de risco, torna-se necessário o estudo de um indicador de comportamento do risco nas mesorregiões onde o processo de substituição foi significativo. O presente estudo é fundamental para colaborar com as tomadas de decisão dos produtores da região e para a avaliação dos riscos do mercado de seguros no Estado.

Além desta breve introdução, na sequência apresenta-se a revisão de literatura sobre o tema proposto; seguindo, expõe-se a metodologia e as bases de dados utilizadas neste trabalho; logo após são apresentados os resultados obtidos, e finaliza-se com as considerações finais sobre o tema e as referências bibliográficas empregadas na pesquisa.

REVISÃO DE LITERATURA

As razões econômicas para o estudo do processo de substituição de culturas são as mais diversas, pois envolvem novos riscos e tomadas de decisão de diferentes agentes, incluindo o governo, os produtores e as empresas de seguros. Por sua vez, o Rio Grande do Sul é o terceiro maior produtor de soja do país, o que o coloca em uma situação de grande relevância no cenário nacional. Nos últimos anos, a valorização da soja no mercado internacional impulsionou o seu cultivo em algumas áreas no Estado, ocupando extensões que anteriormente eram destinadas para outros tipos de culturas (Lemos; Rizzi, 2020).

Outras pesquisas investigaram os deslocamentos na produção agrícola entre culturas distintas no Rio Grande do Sul. Visando a dimensionar a expansão da agricultura na região do

Rio da Prata, comparando mudanças na estrutura da paisagem entre 1985-1989 e 2002-2004, Baldi e Paruelo (2008) descrevem que a área de cobertura por pastagem (Pampa) reduziu sua participação de 67,4% para 61,4% no período do estudo. Essa redução está associada a um aumento na área de culturas anuais, como soja, girassol, trigo e milho em decorrência de fatores tecnológicos e condições de mercado.

A expansão da agricultura no Estado do Rio Grande do Sul foi analisada por Mengue *et al.* (2018), Silveira, González e Fonseca (2017) e Lemos e Rizzi (2020). Os resultados mostraram um incremento significativo da fronteira agrícola sobre as áreas de campos. Além disso, observou-se uma maior projeção da produção de soja em áreas que antes eram destinadas à cultura do arroz. De acordo com os autores, a expansão da área destinada para o cultivo de soja ganhou força a partir do ano de 2000, quando a valorização do preço da *commodity* incentivou o avanço da produção em novas áreas.

A substituição de culturas não é um evento que ocorre apenas no Estado do Rio Grande do Sul. No contexto Nacional, Souza *et al.* (2007) avaliaram o efeito substituição em áreas de plantio de soja, milho, cana-de-açúcar e pastagem. Os resultados obtidos mostram que a área de cana-de-açúcar estaria substituindo as áreas de milho, enquanto a área de lavoura de soja estaria substituindo as áreas de pastagem, cana-de-açúcar e milho. O trabalho de Freitas (2022) avaliou a expansão da agricultura sobre a região do Matopiba no período de 1994 a 2019. Utilizando o Índice de Hirschman-Herfindahl, o autor identificou que as mesorregiões localizadas no Matopiba presenciaram uma expansão das culturas de algodão e soja, que está relacionada às mudanças estruturais na cadeia do agronegócio brasileiro e também à recente ocupação de terras desbravadas.

Diversos autores da literatura adotaram o modelo *Shift-Share* para estudar a dinâmica da expansão da agricultura no Brasil. Esse procedimento assume que a área agricultável se modifica em determinado período em decorrência do tamanho ou substituição da cultura. Utilizando essa metodologia, os estudos de Lourenzani e Caldas (2014) e Kodama e Lourenzani (2021) avaliam a expansão da cultura da cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. Constatou-se uma mudança no uso da terra na região oeste paulista, onde observou-se uma expansão da área cultivada de cana-de-açúcar em áreas que antes pertenciam à atividade pecuária bovina e à produção de outros alimentos.

No Estado de Goiás os trabalhos de Abdala e Ribeiro (2011) e Silva, Leão e Pasqualetto (2016), também utilizando a metodologia *Shift-Share*, destacam que as culturas de cana-de-açúcar, soja e milho passaram a substituir outras culturas, como pastagens, algodão, arroz e feijão. Este processo de substituição é associado a menores custos de produção das culturas em expansão. O destaque foi a produção de cana-de-açúcar, associada à tendência de intensificação da produção de biomassa para biocombustíveis, reforçando o argumento das vantagens locais e dos investimentos em tecnologia que alteram a composição da produção e localização das culturas.

A expansão das culturas agrícolas para novas áreas envolve riscos relacionados à sinistros que são de difícil identificação por parte dos produtores. Dessa maneira, tais riscos de produção podem comprometer os rendimentos dos produtores no curto prazo, bem como impossibilitá-los de quitar suas obrigações financeiras na ausência de um sistema confiável de seguro rural. Nesse sentido, conforme ressaltam Fornazier, Souza e Ponciano (2012), a disseminação

do seguro rural é importante para que os agricultores minimizem os riscos de perdas em suas atividades, proporcionando recuperação da capacidade financeira do produtor na eventualidade de sinistros.

Em relação ao Rio Grande do Sul, destacam-se também os riscos relacionados à deficiência hídrica para vários cultivos agrícolas, incluindo a soja. Estudos realizados por Gonçalves e Sibaldelli (2018) e Monteiro *et al.* (2020) mostram que a região sul do Estado é a que apresenta os maiores riscos associados ao clima e à produtividade. A presença do Porto nessa região, no entanto, impulsiona o cultivo pela facilidade do escoamento da produção.

Assim como os produtores, as seguradoras também passam por dificuldades na identificação de riscos relacionados a sinistros em novas áreas agrícolas. De acordo com Ozaki e Dias (2009), a análise de quantificação do risco é fundamental para que as seguradoras possam precificar adequadamente seus produtos, possibilitando trabalhar com risco diversificado em regiões de baixo, médio e alto riscos sem comprometer a saúde financeira da seguradora.

De uma forma geral, o processo de expansão ou substituição das culturas agrícolas ocorre em todas as regiões do país, e essas novas áreas estão associadas a um nível desconhecido de risco. Para precificar corretamente os riscos associados à produção, o mercado precisa de um estudo otimizado sobre esses eventos. A mensuração do risco, portanto, contribui tanto com os produtores quanto com o mercado de seguros.

METODOLOGIA

Para avaliar o processo de substituição de culturas utiliza-se o modelo *Shift-Share*. Este modelo permite avaliar as alterações na produção de diferentes culturas agrícolas em decorrência dos efeitos de modificações na composição da área. Dessa forma, a variação da área ocupada por determinada cultura no sistema de produção é expressa como:

$$(A_{cf} - A_{ci}) \tag{1}$$

Para medir a variação da expansão da área total de todas as culturas, utiliza-se o λ , que é obtido por meio de $\lambda = AT_f / AT_i$, onde AT_f e AT_i são as áreas de todas as culturas agrícolas no período final e inicial da análise, respectivamente. Desta maneira, a equação 1 pode ser reescrita como:

$$(A_{cf} - A_{ci}) = (\lambda A_{ci} - A_{ci}) + (A_{cf} - \lambda A_{ci}) \tag{2}$$

Na equação 2 observa-se dois efeitos: o efeito escala ($\lambda A_{ci} - A_{ci}$) e o efeito substituição ($A_{cf} - \lambda A_{ci}$), onde, A_{cf} e A_{ci} representam a área de determinada cultura no período final e inicial da análise, respectivamente.

No modelo *Shift-Share* optou-se pela realização da análise de forma individual das sete mesorregiões⁵ do Estado do Rio Grande do Sul. O período inicial (i) é o ano de 2010, enquanto o período final (f) é o ano de 2020. Para essa análise foram consideradas as áreas de cultivo de arroz, milho e soja, além da área destinada à pecuária, conhecida como campos.

⁵ São elas: Centro Ocidental, Centro Oriental, Metropolitana, Nordeste, Noroeste, Sudeste, Sudoeste

O cálculo do risco relativo é baseado na abordagem realizada por Ozaki e Dias (2009), que utiliza uma métrica para quantificar o risco com base na variabilidade temporal de uma variável. Nesse caso, emprega-se o coeficiente de variação (CV) da Produtividade (em KG/hectare) da cultura agrícola como medida de risco, sendo $CV_X = (\sigma/\mu) \times 100$, onde μ é a média e σ o desvio padrão. A utilização do possui a vantagem de a métrica ser adimensional, possibilitando a comparação entre diferentes regiões.

Na etapa do cálculo do risco somente será considerada a cultura da soja, principal cultivar do Estado, para todos os municípios do Rio Grande do Sul. O período de análise compreende aos anos de 2001 a 2020, posto que, por motivos de estabilidade⁶ dos resultados, serão analisados somente aqueles municípios em que as séries apresentam dados para todo o período de análise.

Para avaliar o risco relativo serão consideradas duas categorias de agrupamento dos municípios: agrupamento por mesorregião e agrupamento por grupos com base na intensidade da expansão da cultura da soja. Na primeira etapa será realizada uma comparação do risco de acordo com a mesorregião em que o município está localizado. Em seguida será possível identificar as mesorregiões que apresentam maior risco.

Na segunda etapa os municípios serão classificados com base no aumento intensivo da proporção da área cultivada com soja. Para essa classificação será construído um Índice de Participação da soja (IP), calculado utilizando-se a equação 3. No primeiro grupo serão incluídos os municípios que tiveram um crescimento na área de cultivo da soja acima de 10%, e no segundo grupo serão incluídos os municípios que tiveram uma redução ou um aumento no cultivo da soja abaixo de 10%.

$$IP_i = \frac{\sum_t \text{Área Soja}_{i,t}}{\sum_t \text{Área Total}_{i,t}} - \frac{\sum_t \text{Área Soja}_{i,t+10}}{\sum_t \text{Área Total}_{i,t+10}} \text{ para } i = 1, \dots, 497 \text{ e } t: 2001, \dots, 2010 \quad (3)$$

Para se obter o cálculo do percentual da variação da participação da área da cultura da soja nas culturas temporárias, os dados da área do cultivo de soja e do total das culturas temporárias representados pela equação 3 foram separados em dois períodos: de 2001 a 2010 e de 2011 a 2020.

Após a classificação, que identificou os municípios com maior aumento, realizou-se uma comparação entre os dois grupos em relação ao risco relativo, verificando se apresentam efeitos semelhantes. Para essa análise foram empregados dois testes que comparam a mediana dos grupos: o Teste de Wilcoxon e o Teste de Kruskal-Wallis. Esses testes foram utilizados para avaliar possíveis diferenças estatisticamente significativas entre os grupos classificados.

O teste de Wilcoxon (1945) é um teste de hipóteses não paramétrico que é empregado para comparar duas amostras relacionadas, avaliando se a medianas das amostras são estatisticamente iguais. Por outro lado, o teste de Kruskal-Wallis (1952) é um método não paramétrico utilizado para testar se amostras independentes se originam da mesma distribuição, e visa a identificar possíveis diferenças estatisticamente significativas entre elas.

Por fim, foi avaliada a distribuição das indenizações da cultura da soja para as mesorregiões do Estado do Rio Grande do Sul. Utilizou-se o Índice de Sinistralidade (IS), que é a relação custos (indenizações) e a receitas (Prêmio total) demonstrado na equação 4, restringindo o período de análise do IS aos anos de 2010 a 2020.

⁶ Por certos municípios apresentarem dados faltantes e poucas observações, haverá problemas na estimação do desvio padrão por não se conseguir captar o grau de dispersão da série, enviesando os resultados do CV.

$$IS = \left(\frac{Sinitro}{Prêmio Total} \right) \times 100 \quad (4)$$

Aqui o IS é o valor do Índice de Sinistralidade, posto que o sinistro é o valor das indenizações pagas à cultura da soja, enquanto o Prêmio Total é o valor recebido pela seguradora por parte do produtor rural mais a subvenção por meio de auxílio financeiro do governo federal.

Para aplicação da metodologia foram coletados dados sobre as culturas agrícolas do arroz, milho e soja junto a Produção Agrícola Municipal (PAM) disponíveis no IBGE (2022), e que compreendem o período de 2000 até 2020. Já os dados referentes às áreas de campos foram obtidos junto ao Mapabiomas (2022), e compreendem o período de 2000 até 2020. Além disso, os dados para a avaliação do seguro rural para a cultura da soja nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul foram coletados no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2022a) e compreendem o período de 2011 a 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra que a distribuição da área cultivada no Estado do Rio Grande do Sul passou por grandes transformações durante o período de 2001 a 2020. A cultura do arroz apresentou uma expansão significativa nos primeiros anos da análise. É possível observar, no entanto, uma tendência de redução na área de cultivo dessa cultura após o ano de 2014.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas para a área plantada ou de campos (mil hectares) no Rio Grande do Sul

Ano	Arroz	Campo	Milho	Soja
2001	953	9.543	1.675	2.976
2002	983	9.515	1.464	3.307
2003	962	9.490	1.416	3.591
2004	1.056	9.187	1.303	3.984
2005	1.055	9.180	1.206	4.179
2006	1.023	9.179	1.422	3.868
2007	942	9.184	1.365	3.890
2008	1.065	9.059	1.385	3.804
2009	1.110	8.983	1.385	3.823
2010	1.101	8.893	1.151	4.021
2011	1.169	8.617	1.100	4.075
2012	1.042	8.395	1.119	4.269
2013	1.085	8.119	1.033	4.727
2014	1.114	7.895	925	4.990
2015	1.127	7.824	854	5.263
2016	1.088	7.764	740	5.464
2017	1.104	7.680	831	5.541
2018	1.068	7.531	706	5.709
2019	982	7.384	763	5.843
2020	951	7.014	751	5.996

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE (2022) e Mapabiomas (2022) de 2001 a 2020.

Nas áreas destinadas ao campo e ao cultivo de milho observou-se uma tendência de redução das áreas cultivadas durante todo o período do estudo. Entre os anos de 2001 e 2020 a redução foi de 26,5% (2,53 milhões de hectares) para os campos e de 55,2% (924 mil hectares) para a cultura do milho. Em contrapartida, a área de soja neste período apresentou uma tendência de expansão.

Foi possível observar um aumento de 101,5% (equivalente a 3,02 milhões de hectares) na área cultivada de soja. Essa expansão já foi abordada por outros autores (Mengue *et al.*, 2018; Lemos; Rizzi, 2020; Silveira, González e Fonseca, 2017) e pode ser atribuída à introdução de novas técnicas agrícolas, que proporcionaram maior rentabilidade em comparação com as demais culturas. Além disso, houve uma valorização do preço da commodity no mercado internacional, impulsionada principalmente pelo aumento da demanda da China, que impulsionou as exportações brasileiras e teve um efeito significativo no nível de preços, em um período comumente referido como “boom das commodities” (Wilkinson; Wesz Junior, 2013; Schneider, 2014; Oliveira; Schneider, 2016; Escher, Schneider; Ye, 2018).

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos pelo método *Shift-Share*. Entre os anos de 2011 e 2020 somente a cultura da soja teve um efeito substituição positivo para todas as mesorregiões. É possível observar que a cultura do arroz transferiu área para o cultivo da soja com mais intensidade nas mesorregiões Sudeste e Sudoeste (aproximadamente 30 e 23,5 mil hectares, respectivamente). Essas mesorregiões também foram as que mais concederam áreas de campos para a cultura de soja (aproximadamente 333,3 e 514,5 mil hectares). Em termos gerais, as áreas, que antes eram destinadas a campos, foram as que mais passaram por um processo de transformação e conversão em áreas de cultivo de soja.

Tabela 2 – Efeito-substituição (ES) atribuído às culturas que cederam área para a cultura da soja, em hectares, nas Mesorregiões do Rio Grande do Sul entre 2011 e 2020

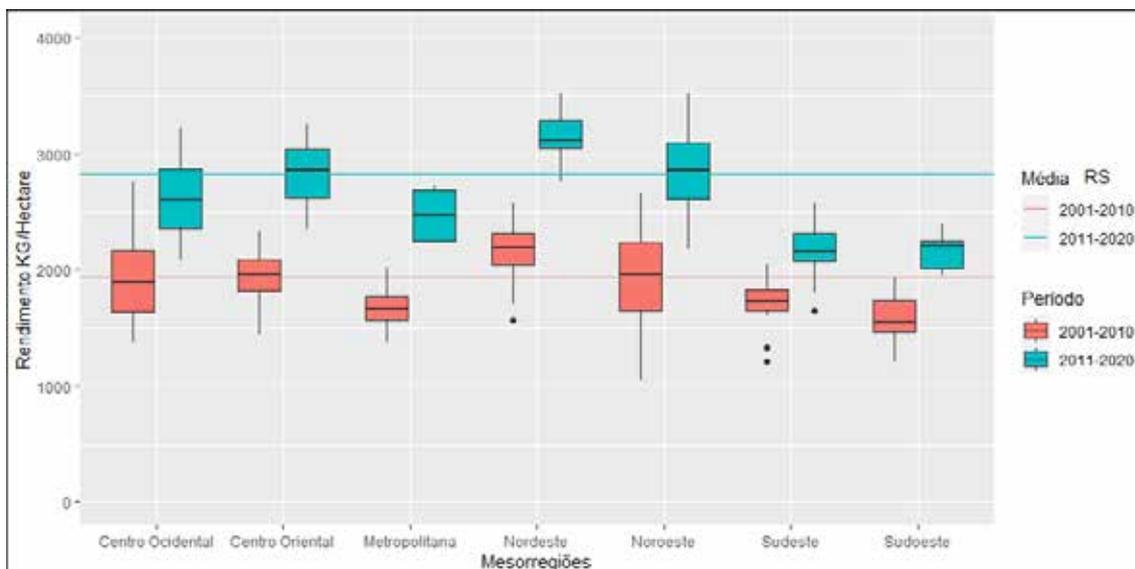
Mesorregiões	Arroz	Campo	Milho	Total
Centro Ocidental	14.783	283.561	27.053	325.398
Centro Oriental	15.502	50.784	106.235	172.522
Metropolitana	15.949	100.642	14.772	131.364
Nordeste	49	88.368	30.703	119.120
Noroeste	5.849	212.437	120.381	338.668
Sudeste	30.072	333.313	32.503	395.889
Sudoeste	23.517	514.551	4.882	542.951
Total	105.671	1.583.656	336.529	2.025.912

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE (2022) e Mapabiomas (2022) de 2001 a 2020.

As áreas que antes eram destinadas ao cultivo da cultura do milho também tiveram redução. Essa redução foi convertida em áreas destinadas ao cultivo da soja, destacando-se, aqui, as mesorregiões Noroeste e Centro Oriental, que tiveram as maiores conversões de área, sendo 120 mil e 106 mil hectares, respectivamente. Essa substituição pode ter convertido áreas de produtividade igual ou até superiores, uma vez que o cultivo de milho sempre competiu com o cultivo da soja por espaço.

A Figura 1 apresenta os rendimentos por hectare da produção de soja no período de expansão. Observou-se um aumento da produtividade média em todas as mesorregiões no período de 2011 a 2020 quando comparado com o período de 2001 a 2010. No primeiro período a produtividade por hectare foi de 1.936 kg, enquanto no segundo período essa produtividade passou para 2.828 kg. Esse aumento de produtividade deve-se à utilização de novas tecnologias e implementos agrícolas que melhoraram o manejo da produção. Outro aspecto importante é a difusão da soja transgênica que permite o controle de plantas daninhas e possibilita o melhor uso dos nutrientes pela soja, melhorando a sua produtividade (Embrapa, 1997).

Figura 1 – Resultados do rendimento da soja (Kg/Hectare) para as mesorregiões do Rio Grande do Sul no período de 2001 a 2020



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE (2022).

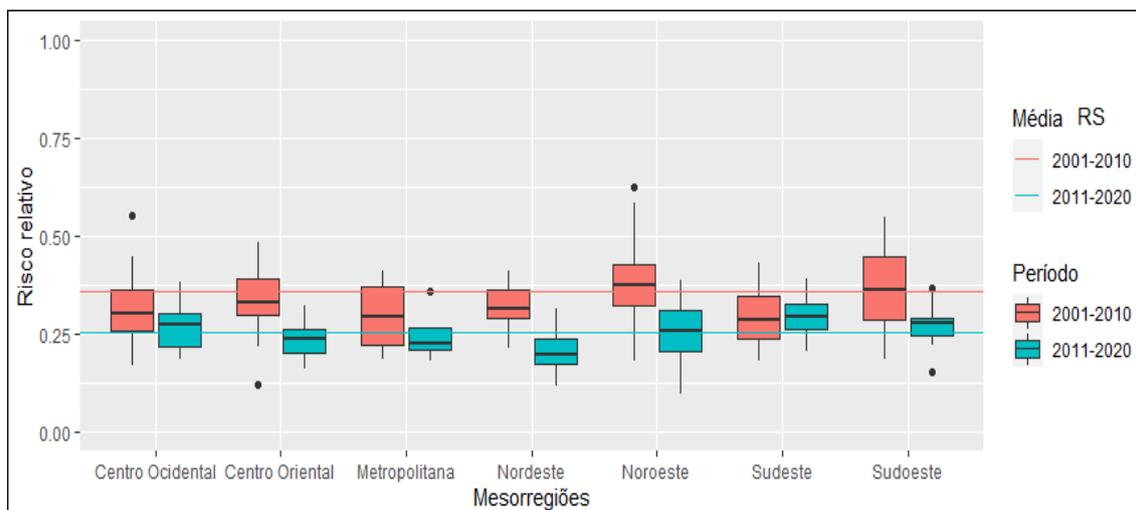
Quando comparada a produtividade por hectare da soja nas diferentes mesorregiões (Figura 1) com os resultados da expansão da soja sobre as demais culturas (Tabela 2), observa-se que as Regiões Sudeste e Sudoeste, que tiveram sua expansão com maior intensidade para áreas não agrícolas (área de campo), também foram as que apresentaram os piores resultados de rendimento por hectare. Essas mesorregiões de campos possuem menores produtividades devido à presença de solos mais arenosos, onde o potencial agrícola é menor em relação às regiões que possuem solos argilosos (Fontana *et al.*, 2020).

No entanto, embora tenham produtividades menores do que as demais mesorregiões do estado, Sudeste e Sudoeste possuem vantagens logísticas por estarem localizadas próximas ao Porto de Rio Grande. Como destacado por Gonçalves e Sibaldelli (2018), em regiões próximas ao Porto, os agricultores compensam perdas relativas de produtividades com melhores preços e isso favorece a expansão da soja para a região Sul do estado.

As mesorregiões Noroeste e Centro Oriental foram as que apresentaram maior substituição de lavouras de milho por soja. Essas regiões continuaram com produtividades acima da média para o Estado no período de 2011 a 2020. Esse fato evidencia que as novas áreas incorporadas têm solos melhores ou tão bons quanto às áreas que eram destinadas à

cultura da soja anteriormente, uma vez que a expansão da soja não reduziu a produtividade dessas mesorregiões.

Figura 2 – Resultados do risco relativo da soja por mesorregião no estado do Rio Grande do Sul para o período de 2001 a 2020



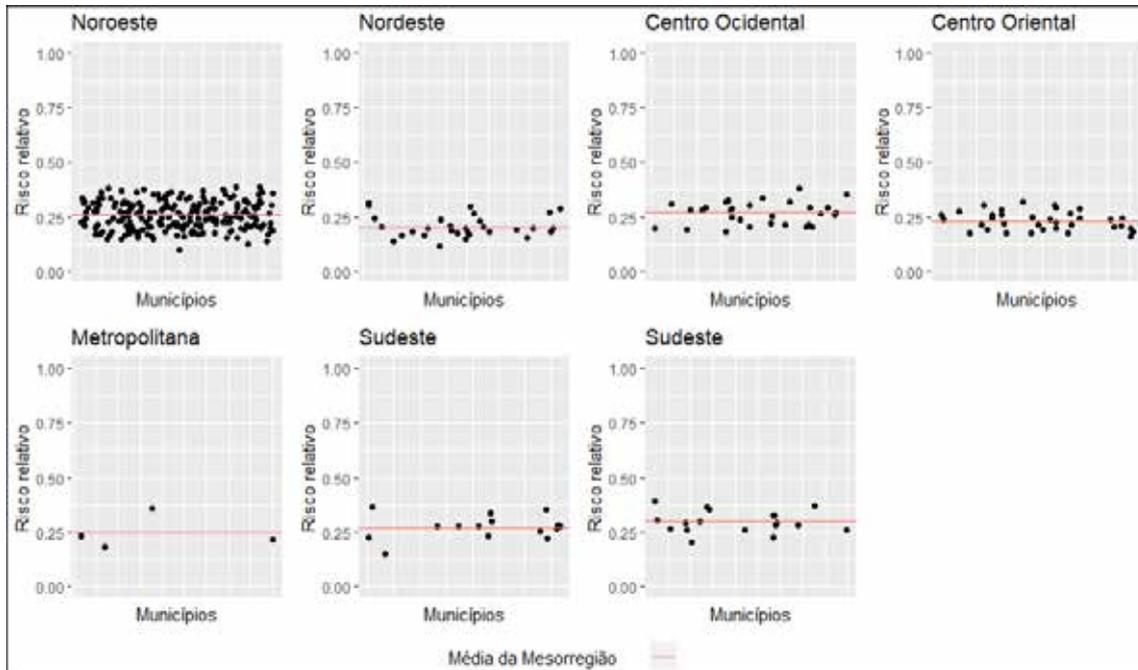
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE.

A figura 2 apresenta a análise do risco relativo da cultura de soja utilizando o Coeficiente de Variação da Produtividade (KG/hectare) da Soja para os períodos de 2001 a 2010 e de 2011 à 2020. Os resultados indicam que as mesorregiões apresentaram uma redução de risco no segundo período em comparação ao primeiro, com exceção para a mesorregião Sudeste que apresentou uma pequena elevação do risco. Essa região está entre as que mais incorporaram áreas cultivadas.

As mesorregiões Centro Ocidental, Sudeste e Sudoeste foram as que apresentaram Risco Relativo acima da média no período de 2011 a 2020. Além disso, também foram as que apresentaram o maior efeito substituição neste período. Destaca-se que 62.40% das conversões de áreas destinadas à outras culturas para áreas de soja aconteceram nessas três mesorregiões. Por outro lado, a mesorregião Nordeste que apresentou o menor efeito substituição no período também foi a que apresentou o menor índice de risco.

A relação entre a intensidade da expansão da soja com o maior risco relativo pode ser explicada pela fase de transição e adequação do solo nessas áreas que são menos produtivas e mais suscetíveis a quebras de produção. Além disso, as áreas de campos, que foram as que mais abriram espaço para o aumento no cultivo da soja, possuem menor potencial agrícola pela presença de solos arenosos que afetam a produtividade (Fontana; Freitas, 2020).

Figura 3 – Distribuição do risco relativo dos municípios por mesorregião do Estado do Rio Grande do Sul no período de 2011 a 2020

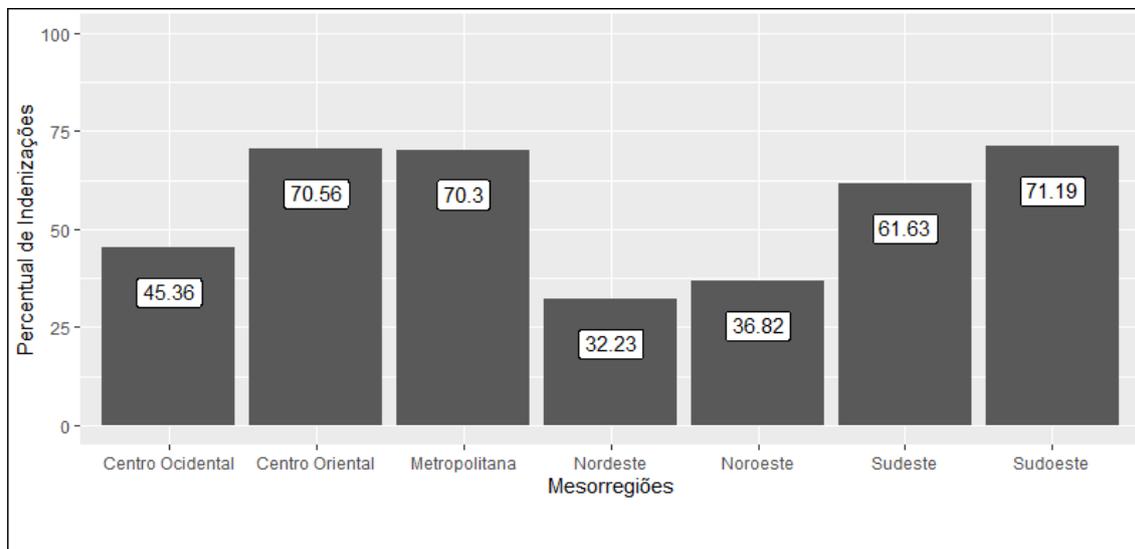


Fonte: Elaboração própria com base nos dados Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE (2022).

A Figura 3 apresenta a distribuição do risco relativo dos municípios do Estado de acordo com a sua mesorregião. É possível observar uma grande concentração de pequenos municípios produtores de soja na mesorregião Noroeste do Estado. As condições climáticas, do solo e topográficas dessa região favorecem o desenvolvimento da cultura da soja, reduzindo o risco relativo e destacando a região na produção de grãos (Trennepohl; Paiva, 2011).

A Figura 4 mostra que as mesorregiões Nordeste e Noroeste, que tiveram o menor coeficiente médio para o risco relativo, também foram as que receberam o menor percentual do prêmio total em pagamento de indenizações por parte das seguradoras. Por outro lado, a mesorregião Sudoeste, que apresentou um risco relativo alto em comparação com as demais mesorregiões, foi a que teve o maior valor do prêmio convertido ao pagamento de indenizações.

Figura 4 – Percentual do prêmio total destinado a pagamento de indenizações na cultura da soja em cada mesorregião no Estado do Rio Grande do Sul no período de 2011 a 2020



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2022a).

A próxima etapa da avaliação classificou os municípios em dois grupos para dois períodos distintos (Safras de 2001 a 2010 e safras de 2011 a 2020). No grupo de “redução” foram associados aqueles municípios onde o aumento da área de soja não ultrapassou os 10%, enquanto no segundo grupo foram associados aqueles municípios onde a expansão do cultivo da soja foi superior a 10%, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação do risco relativo e produtividade entre as áreas em que se teve ou não expansão do cultivo da cultura da soja no período de 2001 a 2020

Variáveis	Safras 2001 a 2010		Safras 2011 a 2020	
	Redução	Aumentou	Redução	Aumentou
Média do Risco	0,374	0,347	0,272	0,24
Mediana do Risco	0,366	0,338	0,275	0,228
Produtividade	1.855	1.997	2.746	2.829

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Produção Agrícola Municipal de 2001 a 2020 disponíveis no IBGE (2022).

Em média, nos dois períodos da análise os municípios que apresentaram redução no cultivo da soja também tiveram um coeficiente do risco relativo maior do que os municípios que aumentaram o cultivo. A mesma interpretação foi obtida pela mediana das áreas: o grupo de municípios que reduziu o cultivo de soja apresentou um risco relativo maior.

Em contrapartida, os municípios que aumentaram o cultivo da soja demonstraram-se mais produtivos em ambos os períodos analisados. Além disso, observou-se um ligeiro aumento na produtividade em ambos os grupos, quando os dois períodos foram comparados. Esse aumento na produtividade da soja pode ser justificado com base no estudo de Baldi e Paruelo (2008), que sugere que as condições de mercado levam à expansão da área cultivada com soja, juntamente com fatores tecnológicos que contribuem para o aumento da produtividade.

Na comparação entre os dois períodos, é possível observar uma redução do risco relativo em ambos os grupos. No grupo de redução do cultivo da soja a mediana do risco relativo nas safras de 2011 a 2010 era de 0,366, enquanto nas safras de 2011 a 2020 o risco relativo passou para 0,275. No grupo dos municípios onde houve um aumento no cultivo de soja a mediana do risco relativo no primeiro período era de 0,338, enquanto no segundo período foi de 0,228. Essa redução do risco pode estar associada a novas práticas agrícolas que diminuiram a variabilidade da produção agrícola da soja no segundo período.

Posteriormente foram realizados dois testes de verificação da igualdade do risco relativo entre os dois grupos de municípios. O teste de Wilcoxon, que testa se as duas amostras têm medianas iguais, rejeitou a hipótese nula de igualdade das medianas nos dois períodos da análise. O teste Kruskal-Wallis, usado para testar se as amostras se originam da mesma distribuição, rejeitou a hipótese nula em ambos os dois períodos da análise, portanto os grupos não se originam da mesma distribuição.

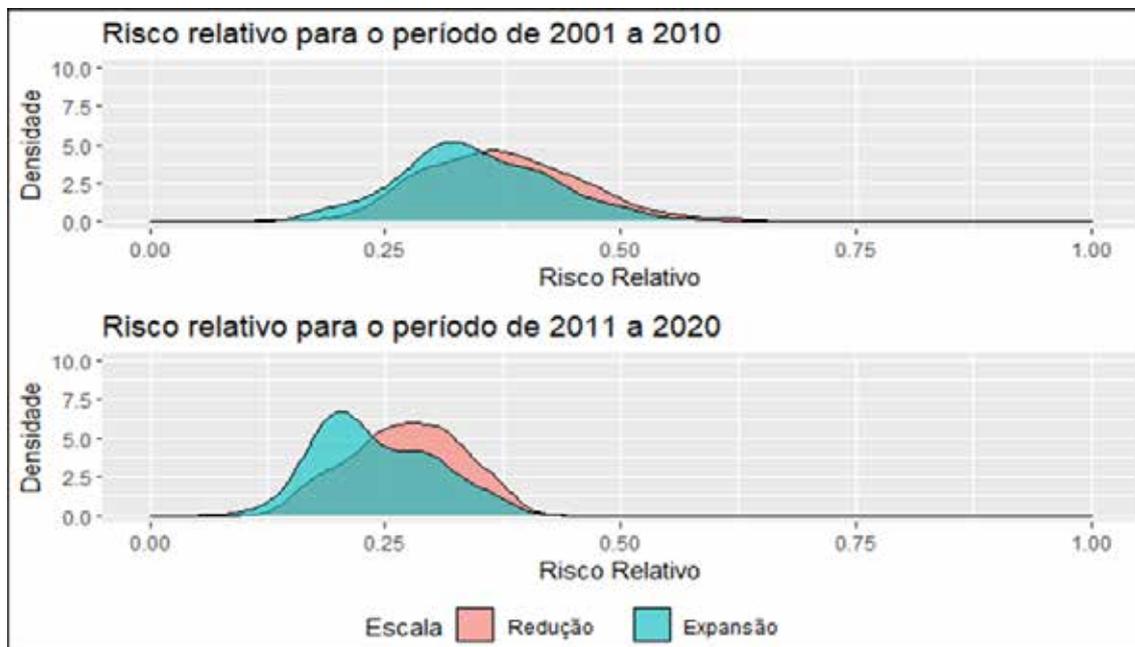
Tabela 4 – Testes de verificação da igualdade do risco relativo entre as áreas em que se teve ou não expansão do cultivo da cultura da soja

Teste	Safras 2001 a 2010		Safras 2011 a 2020	
	Estatística	P-valor	Estatística	P-valor
Wilcoxon	12.196	0,0041	10.338	0,0000
Kruskal-Wallis	8,2398	0,0040	23.734	0,0000

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

A Figura 5 mostra um histograma com a distribuição do risco relativo entre as áreas dos dois grupos de municípios. Em ambos os períodos da análise observa-se uma concentração de maior risco relativo no grupo de redução do cultivo de soja. Uma das circunstâncias para essa ocorrência é devido à expansão estar ocorrendo em substituição de áreas que eram destinadas a outras culturas, o que poderia estar ocupando solos de qualidade igual ou até superior àquelas áreas que já tinham cultivo de soja anteriormente.

Figura 5 – Histograma do risco relativo entre as áreas que se teve ou não expansão do cultivo da cultura da Soja no período de 2001 a 2020

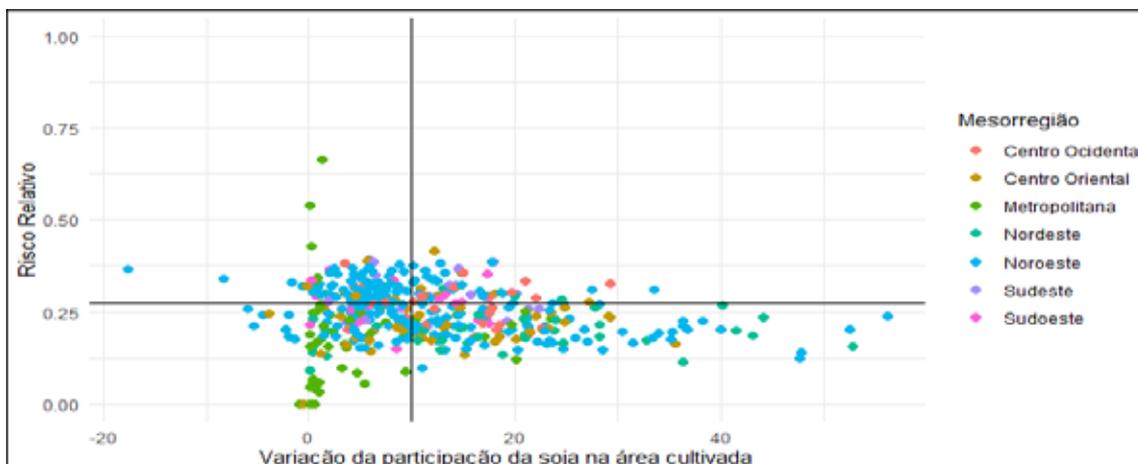


Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Para se ter uma maior dimensão da alteração da evolução do Risco Relativo em expansão do cultivo da cultura da Soja no período de 2001 a 2020 para os municípios, confeccionou-se a Figura 6, que apresenta uma linha na horizontal que separa os municípios que estão entre os 35% com maior Risco Relativo do restante dos municípios (65% que apresentam menor valor para o Risco Relativo); já a linha vertical separa os municípios em que o aumento da área com soja não ultrapassou os 10% daqueles municípios em que a expansão do cultivo da soja era superior a 10%.

Em virtude da separação dos municípios de acordo com o Risco Relativo e a intensidade da expansão do cultivo da soja, criou-se uma classificação em quatro quadrantes: no primeiro quadrante estão aqueles municípios onde a expansão da soja foi superior a 10% sobre o total da área cultivada e o seu Risco Relativo situa-se entre os 35% com maior risco (quando o risco relativo apresenta valor superior a 0,26); no segundo quadrante estão aqueles municípios onde a expansão da soja foi inferior a 10% e o seu Risco Relativo situa-se entre os 35% com maior risco; no terceiro quadrante concentram-se os municípios onde a expansão foi inferior a 10% e o Risco Relativo situa-se entre os 65% com menor risco; e, por fim, o quarto quadrante agrega os municípios onde a expansão foi superior a 10% e o Risco Relativo situa-se entre os 65% com menor risco.

Figura 6 – Distribuição do Risco Relativo em relação à variação da soja na área cultivada para o período de 2011 a 2020



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Os dados da Figura 6 estão expostos na Tabela 5. Observa-se que a maioria dos municípios concentrados nas mesorregiões Centro Ocidental, Centro Oriental, Nordeste e Noroeste estão localizados no quarto quadrante, caracterizado por uma expansão da área cultivada com soja e um baixo nível de risco relativo. As mesorregiões Metropolitana e Sudoeste tiveram uma maior concentração dos municípios no terceiro quadrante, enquanto a mesorregião Sudeste concentrou-se majoritariamente no primeiro quadrante, que é caracterizado por alto risco e aumento da área com soja.

Tabela 5 – Análise da composição do Risco Relativo em relação à expansão da soja dos municípios por mesorregião para o período de 2011 a 2020

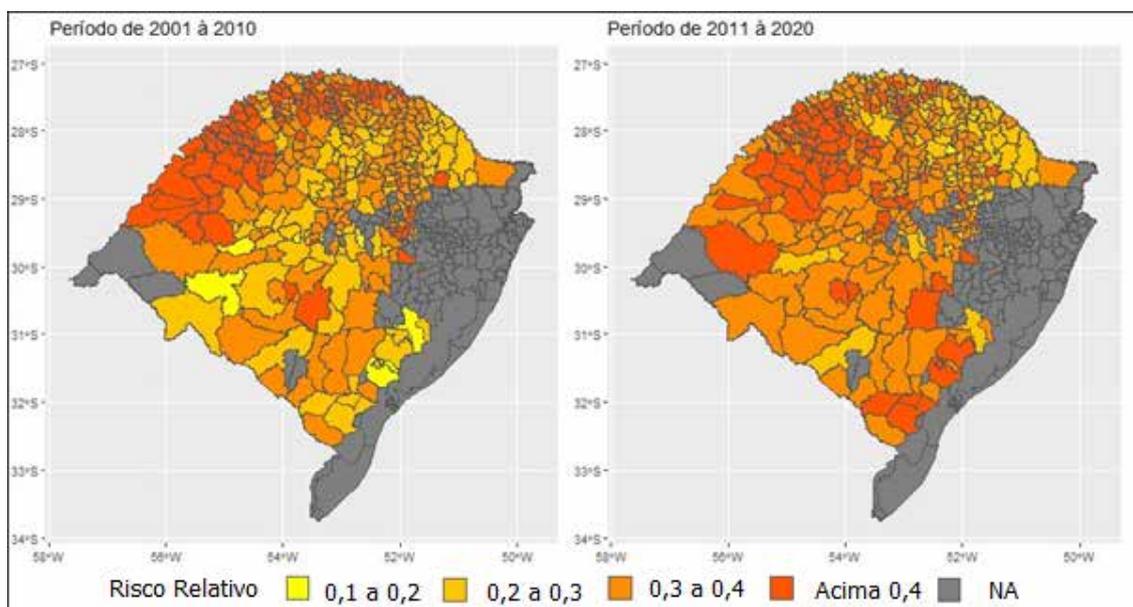
Nome Mesorregião	primeiro quadrante	segundo quadrante	terceiro quadrante	quarto quadrante
Centro Ocidental	11	5	4	11
Centro Oriental	7	6	13	25
Metropolitana	2	6	35	7
Nordeste	3	1	10	27
Noroeste	25	62	56	73
Sudeste	10	5	4	5
Sudoeste	4	4	8	3
Total	62	89	130	151

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa

A comparação dos riscos por municípios nos dois períodos da análise é apresentada na Figura 7. Os resultados mostram uma redução na quantidade de municípios com risco relativo acima de 0,4 nas mesorregiões Sudoeste, Centro Ocidental e Noroeste. Nos municípios da mesorregião Sudeste observou-se, no entanto, um aumento nos municípios com risco relativo acima de 0,4. Além disso, os municípios que tinham um risco relativo abaixo de 0,3 no período de 2011 a 2010 apresentaram um aumento do risco relativo no segundo período.

A Figura 7 mostra uma tendência de aumento nos riscos da região Sul do Estado quando comparados os dois períodos. Este resultado coincide com os resultados apresentados nas Figuras 2 e 4, que mostram que, além de a região Sul ter um Risco Relativo mais alto que as demais regiões, também possui o maior nível de pagamento de indenizações observado no índice de sinistralidade. Essa região apresenta, entretanto, alguns aspectos que favorecem a produção, seja pela proximidade do Porto de Rio Grande, que permite auferir maior valor de venda por parte do produtor, ou, então, pela abundância de áreas de campos que ainda não foram convertidas em áreas agrícolas.

Figura 7 – Risco relativo da cultura da soja para os municípios do Estado do Rio Grande do Sul no período de 2001 a 2020



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados da pesquisa.

Dessa forma, o seguro agrícola proporcionaria melhores condições nessas regiões de expansão com a minimização de riscos relacionados a sinistros. Assim, a região Sul do Estado do Rio Grande do Sul seria uma das regiões em que o seguro possui papel importante na diminuição dos riscos do cultivo da soja, permitindo ao produtor a viabilidade do seu negócio, concordando com os pontos levantados por Fornazier, Souza e Ponciano (2012) de que o seguro rural é importante para que os agricultores diminuam os riscos na atividade agropecuária.

É importante destacar, também, a necessidade da diversificação das apólices das seguradoras entre as diferentes mesorregiões, uma vez que há diferenciais produtivos, riscos e sinistralidade. Como destacado por Ozaki e Dias (2009), a análise de quantificação de risco é fundamental para que as seguradoras possam trabalhar com risco diversificado, permitindo a atuação em municípios de alto risco, mas diversificando com a atuação em municípios de baixo risco para não comprometer a saúde financeira da empresa.

CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo compreender e caracterizar o processo de expansão da cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul durante o período de 2001 a 2020, buscando identificar em quais mesorregiões esse processo ocorreu com maior intensidade. Complementando a análise, também foram avaliados os riscos relativos associados à produção da cultura da soja em cada uma das mesorregiões, comparando-os com o percentual do volume total de prêmios destinados ao pagamento de indenizações nessas mesmas áreas. Para isso, foram utilizados dados do IBGE (2022), Mapabiomas (2022) e Mapa (2022a, 2022b).

Em termos gerais, somente as áreas destinadas ao cultivo de soja apresentaram aumento no período de 2001 a 2020. No período final da análise a área destinada ao cultivo de soja teve um aumento de 100,5% (aproximadamente 3,02 milhões de hectares) em relação ao período inicial do estudo. Isso pode ser entendido como resultado de um processo de substituição de áreas que antes eram destinadas ao arroz, ao milho e à pecuária, que passaram a ser convertidas em áreas do cultivo da soja. As mesorregiões onde a soja mais se expandiu foram Sudoeste, Sudeste e Centro Ocidental. Essa substituição de culturas estaria relacionada à valorização da soja no mercado internacional bem como a novas técnicas agrícolas, como a introdução dos transgênicos.

Quando comparado o segundo período de análise com o primeiro, as mesorregiões apresentaram redução de risco relativo. A única exceção foi a mesorregião Sudeste, que teve um aumento na média do risco relativo. Mesorregiões que tiveram grande parte da sua expansão sobre área de campos foram as que apresentaram maiores valores para o risco relativo. Isso deve-se ao fato de que essas áreas são menos produtivas e mais suscetíveis a quebras de produção por ainda estarem em uma fase de adequação do solo. Além disso, essas regiões de campos situadas no Sul do Estado possuem solos mais arenosos, os quais têm potenciais agrícolas menores quando comparados com solos argilosos.

As mesorregiões Noroeste e Nordeste foram as que tiveram menor proporção do prêmio convertido em pagamento de indenizações, e ainda apresentaram resultados baixos quando comparados com os valores obtidos para o risco relativo, bem como maiores produtividades para a cultura da soja, o que, de certa maneira, evidencia que essas regiões, quando comparadas com as demais regiões do Estado, são as que possuem menores riscos à sinistralidade nos seguros agrícolas.

O método de avaliação utilizando o Risco Relativo demonstrou ser uma ferramenta útil, uma vez que as regiões identificadas com coeficientes mais elevados para o Risco Relativo foram aquelas que apresentaram maior conversão do valor total do prêmio em pagamentos de indenizações durante o período de análise, como é o caso das mesorregiões Sudoeste e Sudeste. Por outro lado, as mesorregiões com coeficientes mais baixos para o risco relativo foram aquelas que converteram menos valor total do prêmio em pagamentos de indenizações durante o período de análise, como é o caso da mesorregião Nordeste.

Por último, destacam-se algumas sugestões para futuras pesquisas que surgem a partir da análise realizada neste trabalho. A primeira sugestão consiste na avaliação dos riscos enfrentados pelas culturas que perderam área devido à expansão da soja, investigando como as áreas de alto riscos podem ser recompostas com outras culturas nesse processo de substituição.

Além disso, seria interessante investigar os fatores responsáveis pelos prejuízos nas plantações, analisando se estão relacionados a eventos adversos, como secas, períodos chuvosos ou outros elementos.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, K. O.; RIBEIRO, F. L. Análise dos impactos da competição pelo uso do solo no estado de Goiás durante o período 2000 a 2009 provenientes da expansão do complexo sucroalcooleiro. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v. 65, n. 4, p. 373-400, 2011.
- BALDI, G.; PARUELO, J. M. Land-use and land cover dynamics in south american temperate grasslands. *Ecology and Society, on-line*, v. 13, n. 2, 2008.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira*. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra>. Acesso em: 12 out. 2022.
- Embrapa. *Embrapa e Monsanto desenvolvem soja tolerante a herbicida*. 1997. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/17913602/embrapa-e-monsanto-desenvolvem-soja-tolerante-a-herbicida#:~:text=A%20Empresa%20Brasileira%20de%20Pesquisa,de%20soja%20tolerantes%20a%20herbicida>. Acesso em: 01 mar. 2023
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Embrapa e Monsanto desenvolvem soja tolerante à herbicida*. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17913602/embrapa-e-monsanto-desenvolvem-soja-tolerante-a-herbicida>. Acesso em: 10 out. 2022.
- ESCHER, Fabiano; SCHNEIDER, Sergio; YE, Juingzhong. The agrifood question and rural development dynamics in Brazil and China: towards a protective “countermovement”. *Globalizations*, v. 15, n.1, p. 92-113, 2018.
- FONTANA, A.; FREITAS, P. D. Solos arenosos: a nova fronteira agrícola brasileira. *A Granja*, v. 853, p. 80-81, 2020.
- FORNAZIER, A.; SOUZA, P. M. de; PONCIANO, N. J. A importância do seguro rural na redução de riscos da agropecuária. *Revista de Estudos Sociais*, Cuiabá, v. 14, n. 28, p. 39-52, 2012.
- FREITAS, R. E. Brazil’s agricultural expansion: main crops in matopiba. *Revista de Política Agrícola*, v. 31, n. 1, p. 70-85, 2022.
- GONÇALVES, S. L.; SIBALDELLI, R. N. R. *Riscos climáticos e viabilidade econômica da produção de soja no sul do Rio Grande do Sul*. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094511/riscos-climaticos-e-viabilidade-economica-da-producao-de-soja-no-sul-do-rio-grande-do-sul>. Acesso em: 15 mar. 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção agrícola municipal*. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 15 ago. 2022.
- KODAMA, I. S.; LOURENZANI, W. L. Mudanças no uso da terra a partir da expansão do cultivo da cana-de-açúcar na região oeste do Estado de São Paulo. *Desenvolvimento em Questão*, v. 19, n. 55, p. 132-153, 2021.
- KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952.
- LEMOS, G. D. S.; RIZZI, R. A expansão da soja no bioma pampa brasileiro e sua interação espaço-temporal com arroz e campo. *Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul*, v. 35, p. 9-26, 2020.
- LOURENZANI, W. L.; CALDAS, M. M. Mudanças no uso da terra decorrentes da expansão da cultura da cana-de-açúcar na região oeste do Estado de São Paulo. *Ciência Rural*, v. 44, p. 1.980-1.987, 2014.
- MAPA. *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*. 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural>. Acesso em: 15 ago. 2022.
- MAPA. *Programa de subvenção ao prêmio do seguro rural*. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acesso-a-informacao/dadosabertos>. Acesso em: 17 ago. 2022.
- MAPABIOMAS. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 15 ago. 2022.
- MENGUE, V. P.; SILVA, T. S. D.; FONTANA, D. C.; SCOTTÁ, F. C. Detecção de mudanças espaciais relacionadas à expansão da fronteira agrícola no bioma pampa. *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, v. 79, n. 1, p. 40-70, 2018.

- MONTEIRO, J. E. B. d. A.; CUADRA, S. V.; BARIONI, L. G.; NAKAI, A. M.; MACIEL, R. J.S.; VICTORIA, A. F. D. O. D. d. C. Estudo de caso de um zoneamento agrícola de risco da produtividade climática (ZARCPPro). *Revista da Sociedade Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 27, n. 1, 2020.
- OLIVEIRA, Gustavo de L. T.; SCHNEIDER, Mindi. The politics of flexing soybeans: China, Brazil and global agroindustrial restructuring. *The Journal of Peasant Studies*, v. 43, n. 1, p. 167-194, 2016.
- OZAKI, V. A.; DIAS, C. T. d. S. Análise e quantificação do risco para a gestão eficiente do portfólio agrícola das seguradoras. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 47, n. 3, p. 549-567, 2009.
- SCHNEIDER, M. Developing the meat grab. *Journal of Peasant Studies*, v. 41, n. 4, p. 613-633, 2014.
- SILVA, L. I. d.; LEÃO, C.; PASQUALETTO, A. Área de ocupação da cana-de-açúcar no Estado de Goiás e o efeito substituição em relação a outras culturas de abastecimento alimentar (2003-2012). *Revista Bauru – Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos*, v. 1, n. 1, p. 21-35, 2016.
- SILVEIRA, V. C. P.; GONZÁLEZ, J. A.; FONSECA, E. L. d. Mudanças no uso da terra depois do período de aumento de preço das commodities no Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, v. 47, n. 4, 2017.
- SOUZA, G. d. S.; ALVES, E.; GOMES, E. G.; GAZZOLA, R.; MARRA, R. Substituição de culturas: uma abordagem empírica envolvendo cana-de-açúcar, soja, carne bovina e milho. *Revista de Política Agrícola*, v. 16, n. 2, p. 5-13, 2007.
- TRENNEPOHL, D.; PAIVA, C. A. N. A importância da sojicultura para o desenvolvimento da região noroeste do Rio Grande do Sul. *Ensaio FEE*, v. 31, n. especial, p. 741-778, 2011.
- WILCOXON, F. Some uses of statistics in plant pathology. *Biometrics Bulletin*, v. 1, n. 4, p. 41-45, 1945.
- WILKINSON, John; WESZ JUNIOR, Valdemar João. Underlying issues in the emergence of China and Brazil as major players in the new South-South trade and investment axis. *International Journal of Technology Management & Sustainable Development*, v. 12, n. 3, p. 243-260, 2013.

Autor correspondente:

Ronaldo Torres

Universidade de São Paulo (USP). Programa de Pós-graduação em Economia Aplicada.

Rua da Reitoria, 374 – 4º andar – CEP 05508-220 – Cidade Universitária. São Paulo/SP, Brasil.

E-mail: torresronaldo@yahoo.com.br

Todo conteúdo da Revista Desenvolvimento em Questão
está sob Licença Creative Commons CC – By 4.0.