

Segurança hídrica, produtividade agrícola e subvenção ao Prêmio do Seguro Rural: evidências para os Municípios Brasileiros

*Water security, agricultural productivity, and rural insurance
Premium Subsidy: evidence for Brazilian Municipalities*

Welber Tomás de Oliveira^{1*} , Bruno Benzaquen Perosa² , Carlos César Santejo Saiani³ 

¹ Instituto de Economia e Relações Internacionais (IERI), Centro de Estudos, Pesquisas e Projetos Econômico-sociais (CEPES), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia (MG), Brasil. E-mail: welber@ufu.br

² Instituto de Economia e Relações Internacionais (IERI), Programa de Pós-graduação em Economia (PPGE), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia (MG), Brasil. E-mail: brperosa@ufu.br

³ Instituto de Economia e Relações Internacionais (IERI), Programa de Pós-graduação em Economia (PPGE), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia (MG), Brasil. E-mail: ssaiani@ufu.br

Como citar: Oliveira, W. T., Perosa, B. B., & Saiani, C. C. S. (2025). Segurança hídrica, produtividade agrícola e subvenção ao prêmio do seguro rural: evidências para os municípios brasileiros. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 63, e286825. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.286825>

Resumo: As mudanças climáticas elevam a imprevisibilidade hídrica, dificultando a atividade agropecuária. O seguro rural é um importante instrumento de política agrícola que permite a melhor gestão dos riscos climáticos, facilitando o financiamento e elevando o investimento. Assim, o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) contribui para diminuir o custo do seguro ao produtor rural, incentivando a universalização da cobertura. O presente estudo investigou as relações entre a segurança hídrica, a produtividade agrícola e as quebras de safras. Em seguida, verificou se o PSR vem sendo mais direcionado para regiões com maior risco hídrico. Os resultados sugeriram relações negativas entre segurança hídrica, produtividade, quebras de safra e variação de produtividade, corroborando a tese de que a insegurança hídrica reduz a previsibilidade da produção agropecuária. Além disso, observou-se que a subvenção ao prêmio do seguro rural tem sido pouco direcionada às áreas de maior insegurança hídrica e quebras de safra, sinalizando como outros elementos de cunho mais institucional acabam distorcendo a alocação desses recursos a favor de áreas menos afetadas por riscos hídricos. Assim, a presente pesquisa evidenciou o viés de direcionamento na concessão do PSR e como esse processo pode reduzir os recursos em regiões de elevado risco hídrico.

Palavras-chave: segurança hídrica, produtividade, seguro rural, irrigação.

Abstract: Climate change has exacerbated the unpredictability of water resources for farming activities. Rural insurance emerges as an important agricultural policy that enables better management of climate risks, facilitating financing and increasing agricultural investment. The program of premium subsidy for rural insurance (PSR) helps reduce the cost of insurance for rural producers, encouraging the universalization of coverage. This article aimed to analyze the relationship between water security, agricultural productivity, and crop losses. Subsequently, it sought to verify if the PSR has been more targeted towards regions with higher water risk. The results indicate a negative relationship between water security, productivity, crop losses, and productivity variation, supporting the thesis that water insecurity reduces the predictability of agricultural production. It was observed that the subsidy for rural insurance has been poorly directed to areas with higher water insecurity and crop losses, highlighting how other institutional factors distort the allocation of these resources to areas less affected by water risks. The present research highlighted the bias in the design of the PSR and how this process can reduce resources in regions of high-water risk.

Keywords: water security, productivity, rural insurance, irrigation.

1. Introdução

As mudanças climáticas vêm causando grandes transformações no setor agropecuário (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021). No Brasil, em que parte significativa da produção ocorre em territórios com clima semiárido (p.ex., cerrado), com forte dependência do regime de chuvas, a mudança pluviométrica e outras condições climáticas impactam de forma direta a competitividade do setor (Assad et al., 2020, 2022).

Dessa forma, a segurança hídrica, i.e., a capacidade de se obter água em quantidade e qualidade suficiente para manter equilíbrio entre oferta e demanda, com um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, é uma dimensão essencial para a produtividade agropecuária e o desenvolvimento econômico e social de qualquer região (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019)¹. Importa dizer que a técnica de irrigação, fundamental na ocupação de áreas mais secas, está diretamente associada à segurança hídrica (Cunha et al., 2013).

O seguro rural é uma política agrícola de gestão dos riscos naturais e inerentes às atividades agropecuárias. A contratação do seguro reduz a exposição de produtores e agentes financeiros a eventos climáticos extremos, como secas prolongadas ou excesso de chuvas, o que favorece a oferta de crédito (Ozaki & Shirota, 2005). Na ausência do seguro, a incerteza dificulta o planejamento e acarreta nível de investimento inferior ao ótimo, o que tem efeitos na renda dos produtores e nos preços de alimentos, impactando o custo de vida de toda a população.

Características econômicas do seguro rural, tais como a assimetria de informações e seu caráter “sistêmico”, i.e., sinistros são temporal e geograficamente concentrados, tornam o custo do seguro para os produtores elevado. Esse fato, somado à importância *per se* enquanto política agrícola, justifica a intervenção pública no setor. Por isso, desde 2003, foi estabelecido no Brasil o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), que busca universalizar o seguro ao reduzir o custo de contratação para os produtores rurais (Medeiros, 2013).

Considerando esses aspectos, este estudo tem como objetivo de investigar as relações entre a segurança hídrica e: o nível e a variabilidade da produtividade agrícola; e a distribuição de recursos do PSR. Parte-se de duas hipóteses principais: i) maior segurança hídrica impacta positivamente o nível da produtividade agrícola e reduz suas oscilações; ii) os recursos do PSR, para viabilizar a contratação do seguro por produtores mais expostos aos riscos, deveriam ser direcionados, principalmente, para municípios com menor segurança hídrica e maior variabilidade da produtividade. Adicionalmente, investigam-se mais três outras hipóteses: iii) aumento na quantidade de assegurados pode contribuir para aumento da cobertura nos produtores mais expostos ao risco; iv) adoção de tecnologia de “alta qualidade” reduz o impacto da segurança hídrica na produtividade e aumenta a cobertura de seguro rural e; v) diferentes culturas podem ter relações distintas com a segurança hídrica.

Assim, este estudo tem a contribuição de relacionar segurança hídrica à produtividade agrícola e à distribuição dos recursos do seguro rural no país, explorando possíveis efeitos heterogêneos associados à concentração de mercado do seguro rural, às diferenças de “qualidade” da tecnologia empregada e às especificidades de diferentes culturas. Não foi encontrado outro trabalho que realizou essas análises. O trabalho também oferece uma metodologia replicável para utilização do índice de segurança hídrica (ISH), proposto pela ANA, no âmbito do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), para ser o principal indicador utilizado no gerenciamento hídrico no país (Castro, 2022), em análises econômicas e para compatibilizar informações disponibilizadas em nível de *ottobacias* com dados municipais. Ainda, são propostas variáveis para estudar a variabilidade da produtividade em municípios brasileiros.

¹ Atualmente, a instituição é denominada Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, a mudança ocorreu por meio da Lei Federal nº 14.026 em 15 de junho de 2020.

O estudo é composto por revisão bibliográfica, análises descritivas e exercícios econométricos a partir de informações de fontes públicas (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], Ministério da Agricultura e Pecuária [MAPA] e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico [ANA]). As estimações são realizadas com dados em *cross-section* para o ano de 2017, controlando variáveis climáticas, tecnológicas e institucionais. Em um primeiro momento, são estimados os impactos da segurança hídrica no nível e na variação da produtividade agrícola municipal. Na sequência, investiga-se o efeito da segurança hídrica na cobertura municipal média do seguro rural. Além disso, são feitas análises por subamostras em que se discriminam: i) as duas seguradoras com maior cobertura das demais, para investigar efeito da concentração do mercado; ii) cinco níveis de produtividade divididos por quintis, para analisar diferenças associadas à “qualidade” da tecnologia adotada e; iii) sete culturas representativas (soja, milho 1ª safra, milho 2ª safra, cana-de-açúcar, café, arroz e uva).

O presente estudo está dividido em cinco seções, além desta introdução. A segunda apresenta a fundamentação teórica, com informações sobre a questão climática e seus impactos sobre a produtividade agrícola, bem como as principais modalidades de políticas voltadas ao seguro rural no Brasil, como o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO) e PSR. A terceira seção, dedicada à metodologia, apresenta os procedimentos empíricos e os dados empregados. A quarta seção discute os resultados encontrados. Por fim, na quinta seção, são apresentadas as conclusões do estudo.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Índice de Segurança Hídrica

Os parâmetros de segurança hídrica no Brasil foram definidos pelo PNSH. Publicado em 2019, o plano é uma investigação realizada pela ANA para contribuir com o planejamento e a gestão dos recursos hídricos no país (Castro, 2022). Dentre outros aspectos, o PNSH apresenta o ISH. Este índice varia entre 1 (menor segurança hídrica) e 5 (maior segurança hídrica), sendo composto, conforme mostra o Quadro 1, por indicadores específicos para quatro dimensões: humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência. O detalhamento do cálculo destes indicadores pode ser consultado em ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019) e foge do escopo do presente estudo. Assim, é feita apenas uma breve descrição dos indicadores usados nos exercícios empíricos desse estudo.

Quadro 1 – Composição do índice de segurança hídrica (ISH), segundo dimensões e indicadores

Dimensões	Indicadores
Humana	Garantia de água para abastecimento urbano
	Cobertura da rede de abastecimento
Econômica	Garantia de água para irrigação de agropecuária
	Garantia de água para atividade industrial
Ecossistêmica	Quantidade adequada de água para usos naturais
	Qualidade adequada da água para usos naturais
	Segurança de barragens de rejeito de mineração
Resiliência	Reservação artificial
	Reservação natural
	Potencial de armazenamento subterrâneo
	Variabilidade pluviométrica

Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019).

Os valores dos indicadores nas dimensões “humana”, “econômica” e “ecossistêmica” são atribuídos a partir do cálculo do “balanço hídrico” da região. Isto é, em dado local, a relação entre a disponibilidade – captada pela vazão natural nos trechos de rios – e a demanda – estimada por pesquisa de uso consuntivo da água. A atividade que mais demanda água no Brasil é a irrigação. Segundo ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019a), 49,8% da água retirada de mananciais é destinada para esse fim, contra 24,3% para abastecimento humano urbano, 9,7% para indústria, 8,4% para animais, 4,5% para termoeletricas, 1,7% para mineração e 1,6% para o abastecimento humano rural.

A dimensão “resiliência” foi concebida para representar a segurança hídrica frente a eventos críticos de seca, com graus de segurança definidos com base em critérios técnicos. Essa dimensão é composta por quatro componentes principais: a reserva artificial, que diz respeito ao volume de água armazenado em estruturas como represas e barragens, sendo calculada a partir da capacidade de armazenamento disponível e das dinâmicas de entrada e saída de água; a reserva natural, que considera os volumes armazenados em corpos d’água naturais, como rios e lagos; o potencial de armazenamento subterrâneo, relacionado aos aquíferos, determinado pela porosidade, permeabilidade e capacidade de recarga dos solos; e a variabilidade pluviométrica, avaliada a partir do coeficiente de variação das séries anuais de precipitação registradas em estações pluviométricas.

Neste estudo, dá-se ênfase ao último componente – a variabilidade pluviométrica – por estar mais diretamente relacionada à decisão de contratação de seguro rural. O grau de segurança hídrica é determinado com base na variabilidade média do período: quanto maior essa variabilidade, menor o índice de segurança atribuído à localidade (Quadro 2), uma vez que isso indica menor previsibilidade das chuvas.

Quadro 2 – Regra de definição do grau de segurança hídrica em relação a variabilidade pluviométrica

Grau de Segurança Adotado	Variabilidade Pluviométrica	
	Limite Inferior	Limite Superior
1	0,25	---
2	0,21	0,25
3	0,19	0,21
4	0,17	0,19
5	0,00	0,17

Fonte: ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019).

Uma característica importante do ISH é o recorte geográfico adotado pela ANA. O índice é calculado e disponibilizado por “ottobacias” ou “bases hidrográficas ottocodificadas”, que consideram a contribuição hídrica de cada local, preservando a relação de fluxo (montante-jusante) no espaço. A dimensão “econômica” é uma exceção, em que o índice é disponibilizado por municípios. Para os fins deste estudo, as demais variáveis disponíveis, como PIB *per capita* e população, são municipais. Desta forma, é necessário compatibilizar as informações.

Nesse sentido, o primeiro aspecto a ser considerado é que a divisão territorial por *ottobacias* não tem relação com a divisão municipal. A implicação é que diferentes regiões de um município podem ter graus distintos de segurança hídrica. Para a compatibilização, o procedimento adotado foi atribuir a cada município o grau de segurança hídrica, referente a cada indicador e dimensão, predominante no seu território. Para tanto, por meio de georreferenciamento, foram calculados, para todos os municípios, os percentuais da área municipal correspondentes a cada grau de segurança hídrica em cada indicador.

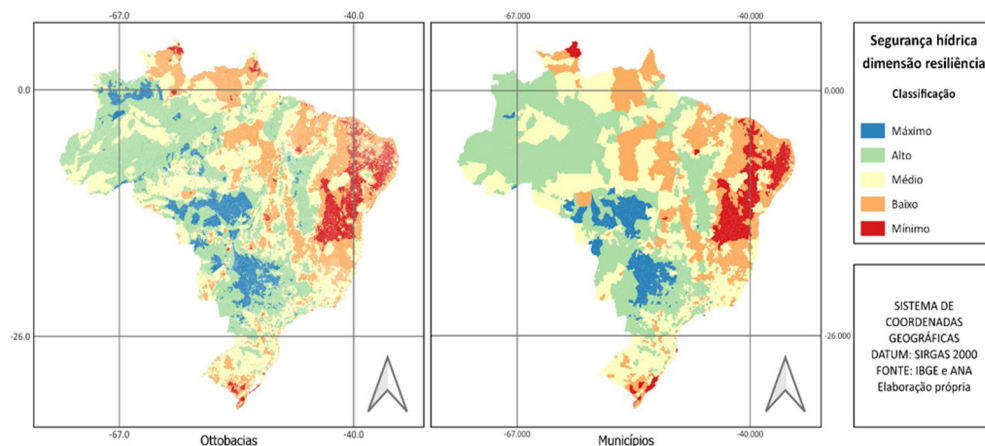


Figura 1 – Brasil: distribuições territoriais da dimensão de resiliência do ISH por *otto bacias* e por municípios (2017).

Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020). Elaboração própria. Informação original por *otto bacias* compatibilizada para municípios pelos autores, adotando como procedimento a adoção do grau de segurança por dimensão ou indicador predominante no município por área. Georreferenciamentos e cálculos de área foram feitos pelo *software* QGIS utilizando malha territorial do Brasil por municípios desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021b).

Para exemplificar a compatibilização, a Figura 1 mostra mapas com as distribuições territoriais do ISH da dimensão de resiliência por *otto bacias* (mapa da esquerda) e dos índices atribuídos para os municípios com o procedimento descrito (mapa da direita). Apesar de ocorrer alguma perda de informação, dado que a divisão por *otto bacias* “detalha” mais o território brasileiro que a divisão municipal, é possível observar que a divisão territorial aqui obtida para o índice é bastante similar à observada por *otto bacias*. Assim, este estudo endereça um procedimento replicável para as outras investigações que precisem do ISH em nível municipal, o que não foi encontrado na revisão bibliográfica realizada.

2.2. Política de seguro rural no Brasil

O seguro rural segue a mesma lógica de outros seguros, estabelecendo-se a partir do pagamento de um “prêmio”² para contratação de uma apólice com condições para o pagamento de uma indenização em caso de sinistro (p.ex., quebra de safra). Dessa forma, é possível garantir que ao menos parte das perdas do agricultor seja mitigada e, assim, que este possa honrar com os compromissos financeiros, como o pagamento de crédito tomado antes da safra.

Porém, o seguro rural apresenta riscos sistêmicos que ocorrem porque não há independência dos eventos que causam perdas entre produtores; i.e., as perdas são concentradas geográfica e temporalmente (Macedo et al., 2013). Esta é uma especificidade relevante, uma vez que um evento que cause sinistro, como uma seca, afeta todos os produtores da região, o que dificulta a formação de uma carteira “equilibrada” (Medeiros, 2013), a não ser que a seguradora consiga clientes suficientes e geograficamente dispersos.

Por isso, a existência de uma política pública voltada ao seguro rural é uma demanda antiga do setor agropecuário brasileiro. Desde a década de 1930, o governo de São Paulo criou instrumentos de seguro para indenizar agricultores em caso de eventos climáticos extremos, como as chuvas de granizo que atingiam os cafezais. Em nível federal, o principal marco foi a

² “Prêmio” é o nome dado ao “preço” da apólice de seguro. Portanto, é o valor que o segurado paga à seguradora para ter a cobertura.

criação do PROAGRO, em 1973, mais direcionado a médios e pequenos agricultores devido aos limites reduzidos no valor segurado. O custo do programa é incerto, uma vez que depende da ocorrência ou não de sinistro, o que torna o orçamento público dependente do risco climático.

Em 2003, a Lei Federal nº 10.823 criou o PSR, que busca universalizar o seguro rural, reduzir o custo pago pelos produtores rurais e ser um instrumento para a estabilidade da renda agropecuária. O PSR tem seus recursos previstos no Plano Safra, sendo eles estabelecidos anualmente. Ao contrário do PROAGRO, o PSR trabalha dentro de uma lógica privada de seguros, em que há maior *expertise* para a avaliação de riscos e é passível de ter o orçamento fixado. Atualmente, o PSR atende, em maior parte, também produtores pequenos e médios. Ainda assim, o PROAGRO continua sendo a política de seguro rural que recebe as maiores subvenções do Governo Federal.

Vale apontar que políticas de expansão do seguro rural com recursos públicos vêm se mostrando eficientes em países desenvolvidos, como os da Europa e os Estados Unidos da América (EUA). Contudo, em países em desenvolvimento, a cobertura é significativamente menor (Kong & Sun, 2021). Alguns especialistas no Brasil argumentam, inclusive, a favor do redirecionamento dos recursos do PROAGRO e, dentro do Plano Safra, do crédito rural para o seguro rural³. Consoante à proposta, esta redistribuição não causaria escassez de crédito rural, dado que, com o seguro, mais operadores financeiros privados poderiam oferecer crédito para produtores rurais (Ozaki & Shirota, 2005). Assim, a redução no crédito público poderia ser compensada por operações privadas apoiadas no seguro rural, o que é relevante dada a crescente necessidade de crédito para a sustentabilidade do crescimento da agricultura brasileira. Também há propostas para alterar a principal forma de contratação para faturamento, que poderia apresentar vantagens discutidas por Adami et al. (2022).

A modalidade mais recorrente no Brasil, no âmbito do PSR, é a contratação de “produtividade prevista”. Nesta, estima-se a produtividade de uma lavoura e contrata-se o seguro de parte ou toda a área plantada, que a seguradora garante o valor. Apesar de a operação ser feita via seguradora privada, o PSR arca com parte do pagamento do prêmio (subvenção); ou seja, divide com o produtor o custo de contratação do seguro para ser economicamente viável a contratação.

Contudo, os recursos são inequivocamente insuficientes para atender à ampla variedade de produtores que compõem a agricultura brasileira. Além disso, apresenta variações bruscas, por se tratar de uma despesa discricionária do MAPA, o que provoca incerteza dos agentes quanto à expansão desta política (Ozaki, 2013). A literatura também aponta que a distribuição dos recursos é geograficamente concentrada e fortemente correlacionada à disponibilidade de informações atuariais e de zoneamento de risco para as análises (Ozaki, 2010, 2013). Por exemplo, no período de 2006 a 2021, os estados do Paraná (38,2%), Rio Grande do Sul (21,2%), São Paulo (13,6%), Santa Catarina (7,5%) e Minas Gerais (5,7%) concentraram 86,1% da quantidade das apólices contratadas.

Em relação à concentração regional, Guimarães & Igari (2019) sugerem que, devido à não expansão do programa, há pouco espaço para que novos produtores sejam beneficiados. Outra possível hipótese é que a existência de algumas estruturas organizacionais, como cooperativas e associações de classe, mais estruturadas em determinadas regiões, acaba por concentrar os recursos. Ainda há dificuldades operacionais por parte das seguradoras em relação à adequação de produtos por região e à formação de agentes e peritos para venda dos seguros.

A limitação e a concentração regional do orçamento do PSR podem provocar concentrações dos recursos em municípios com maior segurança hídrica. Isso porque, para as seguradoras atenderem produtores mais expostos a riscos climáticos e, ao mesmo tempo, terem carteiras

³ Sinteticamente, o Plano Safra é um programa do governo federal que apoia o setor agropecuário, oferecendo linhas de crédito, incentivos e políticas agrícolas para a produção rural, desde os agricultores familiares até os grandes produtores.

com risco equilibrado, o que é condição essencial para a estabilidade no mercado e garantia de pagamento em caso de sinistros, precisam atender também produtores com níveis baixos de risco. Pela mesma lógica, é preferível clientes em regiões diferentes, que não sejam afetados concomitantemente pelo mesmo evento.

O Gráfico 1 apresenta a evolução das subvenções, das indenizações e da área segurada no âmbito do PSR para todo o Brasil entre 2006 e 2021. A área segurada (eixo direito) alcançou, em 2021, 13.774 mil hectares, recorde do programa, um valor 118,65% superior à média da cobertura entre 2006 e 2021. As subvenções e indenizações apresentam comportamento semelhante. Vale notar a existência de variações bruscas, como a redução da área segurada em 2014. O mesmo nível só foi recuperado em 2020. Em 2021, devido à ocorrência de seca, houve um crescimento significativo do valor das indenizações; porém, a sinistralidade, i.e., a relação entre custos e receitas dos seguros feitos com PSR, foi menor que 1 em todo o período, exceto neste ano, o que indica sustentabilidade econômica do programa (Brasil, 2022a).

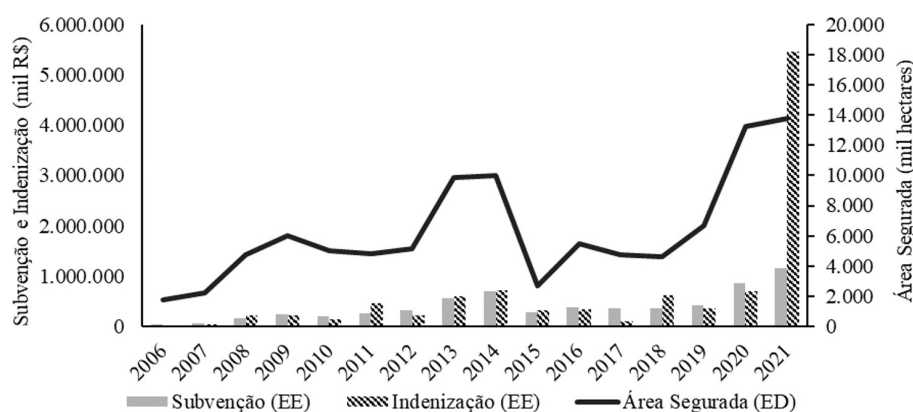


Gráfico 1 – Programa de Subvenções ao Prêmio do Seguro Rural (PSR): Subvenções e indenizações totais (mil R\$) e área segurada (mil hectares) no Brasil – 2006 a 2021.

Fonte: Elaboração própria com base em dados do MAPA (Brasil, 2022b).

Observa-se também concentração em relação às culturas. Conforme a Tabela 1, a cultura com maior quantidade de apólices de seguro entre 2006 e 2021 foi a soja, com 587.450 apólices, concentrando 44,60% do total. Na sequência, estão: milho 2ª safra (12,42%), uva (9,10%), trigo (8,44%), milho 1ª safra (5,89%), arroz (3,72%), cana-de-açúcar (2,68%) e café (2,57%).

Tabela 1 – Programa de Subvenções ao Prêmio do Seguro Rural (PSR): quantidade de apólices de seguro no Brasil (milhares), segundo as culturas – 2006 a 2021

Culturas	Quantidades de Apólices	Participações (%) no Total
Soja	587.450	44,60
Milho 2ª safra	163.572	12,42
Uva	119.861	9,10
Trigo	111.119	8,44
Milho 1ª safra	77.618	5,89
Arroz	49.013	3,72
Cana-de-açúcar	35.316	2,68
Café	33.857	2,57
Outros	139.204	10,57
Total	1.317.010	100,00

Fonte: Elaboração própria com base em dados do MAPA (Brasil, 2022b).

Por último, a Tabela 2 expõe as indenizações pagas por eventos entre 2006 e 2021, discriminando apenas aqueles com participações superiores a 1% do total no período. Nota-se que o evento que mais gerou indenizações foi “seca”, concentrando 65,77% do total. Na sequência, as principais causas são: “granizo” (12,91%), “geada” (12,44%), “chuvas excessivas” (4,09%) e “estiagem” (2,44%). Para o presente estudo, importa enfatizar que a questão hídrica (seca) é a mais relevante para o uso do seguro rural. Apesar disto, não foram encontrados trabalhos que estudaram a relação da segurança hídrica com a variabilidade da produtividade agrícola no país ou com a distribuição de recursos dos PSR, o que são contribuições deste trabalho.

Tabela 2 – Programa de Subvenções ao Prêmio do Seguro Rural (PSR): indenizações pagas, segundo os eventos (mil R\$) – 2006 a 2021

Eventos	Indenizações (milhares)	Participações no Total (%)
Chuva excessivas	425.640	4,09
Demais causas	243.864	2,35
Estiagem	253.632	2,44
Geada	1.293.354	12,44
Granizo	1.342.085	12,91
Seca	6.836.322	65,77
Total	10.394.897	100

Fonte: Elaboração própria com base em dados do MAPA (Brasil, 2022b).

3. Metodologia

Para investigar as possíveis relações entre segurança hídrica, variabilidade da produtividade agrícola e distribuição da subvenção ao seguro rural, são estimados modelos por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) em *cross-section* com dados municipais do ano de 2017 e com erros robustos à heterocedasticidade. Os modelos estimados baseiam-se na Equação 1.

$$Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 DISH_i + \alpha_j X_i + \varepsilon \quad (1)$$

Sendo: Y_i a variável dependente no município i ; α_0 a constante; $DISH$ as variáveis explicativas de interesse do município (dimensões do ISH) i e α_i os seus coeficientes; X_i o vetor de covariadas e α_j os seus respectivos coeficientes; e ε o erro aleatório.

As variáveis dependentes (Y_i) são:

- produtividade*: razão entre a produção agrícola e a área plantada no município i em logaritmo neperiano;
- coeficiente de variação (CV) da produtividade*: razão entre o desvio-padrão e a média da produtividade no município, considerando a série histórica de 2006 a 2021;
- número de ocorrência de quebra de safra – 25%*: somatório dos anos com “quebra de safra” entre 2006 e 2021. É considerado quebra no ano t quando foi registrada redução de 25% na produtividade do município i neste ano em relação à sua média de produtividade de 2006 a 2021;
- número de ocorrência de quebra de safra – 50%*: somatório dos anos com “quebra de safra” entre 2006 e 2021. É considerado quebra no ano t quando foi registrada redução de 50% na produtividade do município i neste ano em relação à sua média de produtividade de 2006 a 2021; e
- percentual da área plantada segurada*: média das razões entre as áreas seguradas com subvenção pelo PSR e as áreas totais plantadas no município entre 2006 e 2021 ou entre 2017 e 2021.

As informações para a produção e a área plantada são oriundas da pesquisa “Produção Agrícola Municipal” (PAM) do IBGE. A variável “produtividade” é empregada para investigar a relação da segurança hídrica com o nível da produtividade agrícola. Entretanto, em relação ao seguro rural, conforme discutido na terceira seção, a modalidade de contratação mais usual é “produtividade prevista”; i.e., há o acionamento do seguro quando não é atingido o nível de produtividade esperado. Assim, também são empregadas as variáveis “coeficiente de variação da produtividade” e “número de ocorrência de quebra de safra” como *proxies* para o risco médio do município. A primeira variável capta a dispersão média da produtividade em percentual. A segunda lida com a ocorrência de variações acentuadas que podem ser consideradas como uma “quebra de safra”. O uso de diferentes variáveis tem o intuito de garantir maior robustez aos resultados.

A produtividade, usualmente, é empregada em análises econométricas em logaritmo neperiano (Tanure et al., 2024; Felema & Spolador, 2023). Contudo, para as demais variáveis, não foram encontrados trabalhos que as empreguem. Teoricamente, o uso da forma funcional com a variável dependente em logaritmo e as explicativas não (log-linear) é adequado em caso de relação exponencial entre as variáveis, o que não é verificado entre essas variáveis e as dimensões do ISH na amostra utilizada, portanto, são adotadas na forma linear.

Primeiramente, serão realizadas regressões por MQO com o ISH para todas as dimensões – i.e., humana, econômica, ecossistêmica e resiliência (Quadro 1). Na sequência, são utilizados dois indicadores mais diretamente associados aos riscos hídricos para a agricultura: a dimensão resiliência e, para associar os resultados com os regimes hídricos, a variabilidade pluviométrica. Conforme já foi mencionado, esses indicadores assumem valores entre 1 (menor segurança hídrica) e 5 (maior segurança hídrica).

A irrigação é fundamental para o aumento da produtividade agrícola e controle dos impactos das condições climáticas. Porém, a produção irrigada também está sujeita a dificuldades hídricas, pois é necessária a existência de mananciais com capacidade suficiente e a eficiência dos projetos difere significativamente (Fragoso & Pizaia, 2023). Assim, a mitigação de riscos climáticos propiciada pela irrigação também está, mesmo que indiretamente, sujeita à segurança hídrica (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021), o que é importante para o presente estudo.

A Tabela 3 mostra as quantidades de municípios por regiões e por grau de segurança hídrica para cada indicador utilizado. Observa-se que a distribuição territorial dos graus de segurança entre os indicadores é distinta. A região Sudeste ilustra tal característica: em relação ao ISH, possui concentração de municípios com grau de segurança alto; quanto à dimensão resiliência, há mais municípios com segurança média; na variabilidade pluviométrica, o grau é mínimo.

As covariadas (X_i) utilizadas nas estimações são apresentadas no Quadro 3. Com exceção do risco hídrico na irrigação, fornecida pela ANA, todas são oriundas do IBGE. A intensidade tecnológica e a associação são do Censo Agropecuário de 2017; a variabilidade da produtividade agrícola foi elaborada a partir da PAM; as demais, por estimativas do PIB municipal e da população. A Tabela 4 expõe as estatísticas descritivas para quase todas as variáveis – exceto as de risco hídrico, expostas na Tabela 3.

O PIB *per capita* controla diferenças de riqueza e dinamismo econômico: os municípios mais ricos tendem a ter infraestruturas mais adequadas e, dessa forma, conseguem melhor acesso e conhecimento para produção e condições de abastecimento de água (Melo & Parré, 2007). A população importa para a demanda de água e diferenças de trabalho humano disponível (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019). A porcentagem da agropecuária no PIB é um indicador de especialização produtiva do município neste setor.

Tabela 3 – Brasil: quantidades de municípios, segundo as regiões e o grau de segurança hídrica (2017)

Grau de Segurança Hídrica	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul	Total
Índice de Segurança Hídrica (ISH)						
1 - Mínimo	0	193	0	1	0	194
2 - Baixo	0	612	0	37	18	667
3 - Médio	8	336	18	146	81	589
4 - Alto	239	631	332	1.039	777	3.018
5 - Máximo	220	22	100	445	315	1.102
Resiliência						
1 - Mínimo	1	587	3	39	8	638
2 - Baixo	56	873	79	344	114	1.466
3 - Médio	168	294	189	666	734	2.051
4 - Alto	171	39	173	476	317	1.176
5 - Máximo	71	1	6	143	18	239
Variabilidade Pluviométrica						
1 - Mínimo	31	1.596	28	538	293	2.486
2 - Baixo	121	180	113	511	431	1.356
3 - Médio	110	11	83	366	309	879
4 - Alto	100	6	93	212	127	538
5 - Máximo	105	1	133	41	31	311
Total	467	1.794	450	1.668	1.191	5.570

Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019). Informação original por *ottobacias* compatibilizada para municípios pelos autores adotando como procedimento a adoção do grau de segurança por dimensão ou indicador predominante no município por área. Georreferenciamentos e cálculos de área foram feitos pelo *software* QGIS utilizando malha territorial do Brasil por municípios do IBGE.

Quadro 3 – Definição das variáveis da matriz X_i

Grupos	Variáveis	Descrições	Fontes
Características municipais	PIB <i>per capita</i>	Produto interno bruto <i>per capita</i> (R\$/hab de 2017)	IBGE
	População	População (hab)	IBGE
	VAB Agro	Razão entre valor adicionado bruto do setor agropecuário e o produto interno bruto do município (%)	IBGE
Intensidade tecnológica	Adubou	Razão entre a quantidade de estabelecimento agropecuários que realizaram algum tipo de adubação e a quantidade total de estabelecimento agropecuário no município (%)	IBGE
	Defensivos	Razão entre a quantidade de estabelecimento agropecuários que utilizaram defensivos e a quantidade total de estabelecimento agropecuário no município (%)	IBGE
	Irrigação	Razão entre a quantidade de estabelecimento agropecuários que realizaram algum tipo de irrigação e a quantidade total de estabelecimento agropecuário no município (%)	IBGE
	Trator	Razão entre a quantidade de tratores totais e a quantidade total de estabelecimento agropecuário no município (%)	IBGE
Associação	Cooperativa	Razão entre a quantidade de proprietários com associação a cooperativa e a quantidade de estabelecimento agropecuários (%)	IBGE
<i>Dummies</i> Estado	Estados	<i>Dummies</i> para cada estado da federação	IBGE
Condicionantes Adicionais do Seguro	Risco Irrigação	Percentual da área irrigada em risco (%)	ANA
	CV da produtividade	Razão entre o desvio padrão e a média da produtividade municipal entre 2006 e 2021 (%)	IBGE

Nota: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

Dado que a produtividade, a quebra de safra e a disponibilidade hídrica são potencialmente impactadas pela adoção de tecnologias (Cunha et al., 2013), o modelo inclui as variáveis: adubo,

defensivos, irrigação e máquinas. Especificamente nas regressões para o seguro, são adicionadas duas covariadas: “risco irrigação” e coeficiente da variabilidade da produtividade (CV produtividade). A primeira é inserida por ser importante controlar o percentual da área irrigada em risco hídrico; i.e., o percentual da produção que pode não ter água suficiente para irrigação. A segunda é controlada devido à principal modalidade ser o seguro para a produtividade.

É possível que a participação em cooperativas colabore para uma maior organização técnica, produtiva e burocrática do produtor (Neves et al., 2019). Dessa forma, é esperado que a participação esteja associada a maior produtividade, menor quebras de safra e maior acesso ao seguro rural. Já as *dummies* estaduais são inseridas para controlar possíveis políticas específicas em cada estado, como de crédito e de estímulo ao crescimento de produtividade de alguma cultura.

Conforme a Tabela 4, na média, a cobertura da área plantada com seguro rural subvencionado pelo PSR em 2017 é baixa, de 3,08%. Mesmo no município com maior cobertura (máximo) não ocorre a pretendida “universalização”, com 63,15% de área plantada coberta. Especialistas apontam que a baixa adesão ao seguro pode inviabilizar o atendimento de produtores mais expostos aos riscos hídricos, uma vez que as seguradoras necessitam manter a carteira de clientes com risco equilibrado (Medeiros, 2013).

Tabela 4 – Estatísticas descritivas das variáveis dependentes e explicativas – 2017

Variáveis	Observações	Médias	Desvios-Padrões	Mínimos	Máximos
Produtividade (kl/km ²)	5.530	13.206,93	18.027,68	173,77	83.469,63
CV da produtividade (%)	5.525	34,40	27,77	0,00	320,93
Quantidade quebras 25% (%)	5.530	3,08	2,69	0,00	14,00
Quantidade quebras 50% (%)	5.530	1,23	1,99	0,00	14,00
Área plantada seguradas (%)	5.533	3,37	6,28	0,00	63,15
População (hab)	5.570	37.282,03	218.399,90	812,00	12.106.920
PIB <i>per capita</i> (R\$/hab de 2017)	5.570	27.438,92	26.128,14	4.094,79	431.623,30
VAB Agro (%)	5.570	18,53	14,86	0,00	83,96
Adubou (%)	5.563	47,69	29,00	0,00	100,00
Defensivo (%)	5.563	35,92	27,28	0,00	100,00
Trator (%)	5.248	1,67	1,06	1,00	41,50
Irrigação (%)	5.422	18,52	28,62	0,00	100,00
Cooperativa (%)	5.563	16,06	20,69	0,00	100,00
Risco Irrigação (%)	5.139	18,48	33,42	0,00	100,00

Fonte: Elaboração própria com base em dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017a, 2017b, 2019, 2021a) e MAPA (Brasil, 2022b).

Para analisar a hipótese de que mais clientes podem aumentar a cobertura de produtores mais expostos, são realizadas estimações considerando apenas as seguradoras que concentram o mercado e para as demais sem elas. Entre 2006 e 2021, a “Allianz Seguro S.A.” e “Brasilseg Companhias de Seguros” foram responsáveis por 56,81% do total da área plantada segurada com PSR – 37,38% na primeira e 19,43% na segunda. As demais seguradoras cobriram individualmente, em média, 3,32%.

A Tabela 5 mostra as médias municipais, entre 2006 e 2021, do percentual das áreas plantadas com seguro subvencionado pelo PSR. De forma a explorar melhor a amostra segundo os graus de segurança hídrica e resiliência, segmenta-se em 4 extratos: geral (incluindo as maiores seguradoras), geral (excluindo as maiores), Allianz e Brasilseg. No caso geral, a cobertura aumenta conforme se eleva a segurança hídrica, com exceção no nível máximo (5). Para a Allianz, há variação: a média no grau médio (3) tem cobertura inferior à média do grau baixo (2). Para a Brasilseg, o grau de segurança com maior atendimento é o baixo (2). Tais evidências sugerem, possivelmente, um comportamento diferente destas seguradoras em relação à média geral.

Não há disponibilidade de informações sobre a “qualidade” da tecnologia adotada em diferentes municípios. Desta forma, para investigar a hipótese de que a “qualidade” da tecnologia adotada importa no efeito da segurança hídrica na produtividade e cobertura de seguro, são feitas estimações para subamostras dos municípios, segmentadas em cinco níveis de produtividade divididos segundo os quintis da distribuição desta variável. A premissa desta abordagem é que a diferença entre as produtividades agrícolas municipais condicionais às covariadas do Quadro 3, que controlam especialização produtiva agropecuária (VAB Agro), intensidade tecnológica e características específicas estaduais, é explicada pela “qualidade” da tecnologia adotada.

Tabela 5 – Média municipal do percentual das áreas plantadas com seguro subvencionado pelo PSR de todas as seguradoras, de todas exceto as que concentram maior parte do mercado e das seguradoras que concentram maior parte do mercado, por grau de segurança hídrica na dimensão resiliência – 2006 a 2021

Graus de Segurança Hídrica	Percentual da área plantada com seguro pelo PSR (%)			
	Geral (incluindo as maiores)	Geral (excluindo as maiores)	Allianz	Brasilseg
1 – Mínimo	0,27	0,10	5,81	8,46
2 – Baixo	1,49	0,79	12,20	11,27
3 – Médio	3,76	2,72	10,21	6,78
4 – Alto	6,26	3,25	17,13	5,81
5 – Máximo	5,65	2,30	7,43	5,15
Média	3,37	2,03	12,61	7,11

Fonte: Elaboração própria com base em dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017b) e MAPA (Brasil, 2022b).

Para captar efeitos heterogêneos entre culturas distintas, que se diferenciam quanto às suas distribuições pelo território do país, qualidade da tecnologia empregada (em especial a irrigação) (Fragoso & Pizaia, 2023), e outros atributos próprios, também são estimados modelos específicos por culturas. Para isso, são consideradas as mais relevantes em termos de participação na produção total: soja, milho, arroz, cana-de-açúcar, café e uva.

Tabela 6 – Quantidade de municípios por quantidade de quebra (redução de 25% na produtividade em relação à média) por cultura entre 2006 e 2021*

Quantidade de Quebras	Soja	Milho 1	Milho 2	Arroz	Cana-de-açúcar	Café	Uva
0	555 (21,7)	1.471 (27,5)	143 (5,9)	463 (12,2)	1.237 (29,2)	169 (8,1)	241 (15,5)
1	776 (30,3)	16.03 (29,9)	588 (24,2)	1.313 (34,5)	1.216 (28,7)	518 (24,9)	470 (30,2)
2	615 (24)	794 (14,8)	521 (21,5)	682 (17,9)	630 (14,9)	414 (19,9)	305 (19,6)
3	377 (14,7)	418 (7,8)	424 (17,5)	469 (12,3)	440 (10,4)	346 (16,6)	196 (12,6)
4	165 (6,4)	258 (4,8)	347 (14,3)	286 (7,5)	349 (8,2)	212 (10,2)	164 (10,5)
5	49 (1,9)	253 (4,7)	158 (6,5)	218 (5,7)	184 (4,3)	145 (7)	75 (4,8)
6	19 (0,7)	263 (4,9)	104 (4,3)	168 (4,4)	81 (1,9)	120 (5,8)	62 (4)
7	3 (0,1)	167 (3,1)	59 (2,4)	108 (2,8)	60 (1,4)	65 (3,1)	25 (1,6)
8	1 (0)	85 (1,6)	36 (1,5)	65 (1,7)	21 (0,5)	42 (2)	10 (0,6)
9	0 (0)	32 (0,6)	24 (1)	22 (0,6)	14 (0,3)	23 (1,1)	6 (0,4)
10	0 (0)	7 (0,1)	15 (0,6)	8 (0,2)	7 (0,2)	13 (0,6)	2 (0,1)
11	0 (0)	3 (0,1)	9 (0,4)	3 (0,1)	1 (0)	11 (0,5)	0 (0)
12	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (0,1)	1 (0)	4 (0,2)	0 (0)
13	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)
14	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)
Total	2.560	5.354	2.428	3.809	4.242	2.083	1.556

Fonte: Elaboração própria com base em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021a). *Entre parênteses, percentual frente ao total de municípios com produção da cultura.

Além disso, diferentes culturas podem apresentar distintos riscos de quebra na produtividade. A Tabela 6 apresenta as quantidades de municípios e de quebras de safras de 2006 a 2021 por culturas. Ressalta-se que são considerados somente os municípios que possuem produção da cultura em análise. Entre parênteses, estão os percentuais de municípios com o respectivo total de quebras observadas no período em relação ao total de municípios com a cultura. Em todas as culturas houve quebras no período. As culturas da cana-de-açúcar, soja e milho (1ª safra) são as que apresentaram maior percentual de municípios produtores que não sofreram nenhuma quebra no período, com 29,2%, 21,7% e 27,5%, respectivamente. O milho (2ª safra) é a cultura com menos municípios que não tiveram quebras, sendo a segunda cultura em número de apólices de seguro no período (Tabela 1).

4. Resultados e Discussão

Um primeiro resultado pode ser observado na Figura 2, que apresenta mapas do Brasil por municípios, ilustrando a distribuição territorial da ocorrência de quebras de produtividade (redução de 25% em relação à média entre 2006 e 2021), o coeficiente de variação da produtividade e a média de área plantada segurada pelo PSR de 2006 a 2021. É relevante apontar que os mapas foram construídos com as variáveis descritas na seção anterior e adotam esquemas de cores semelhantes aos mapas da Figura 1 para facilitar a comparação.

Assim, o conjunto de mapas sinaliza maior quantidade de quebras e variabilidade na produtividade em regiões com menor segurança hídrica na dimensão de resiliência. O coeficiente de variação da produtividade e as quebras de safra possuem distribuições semelhantes. Por outro lado, a distribuição da área plantada com seguro subvencionado apresenta distribuição quase oposta. Dessa forma, os recursos do PSR não são destinados, pelo menos preferencialmente, às áreas com maiores riscos climáticos.

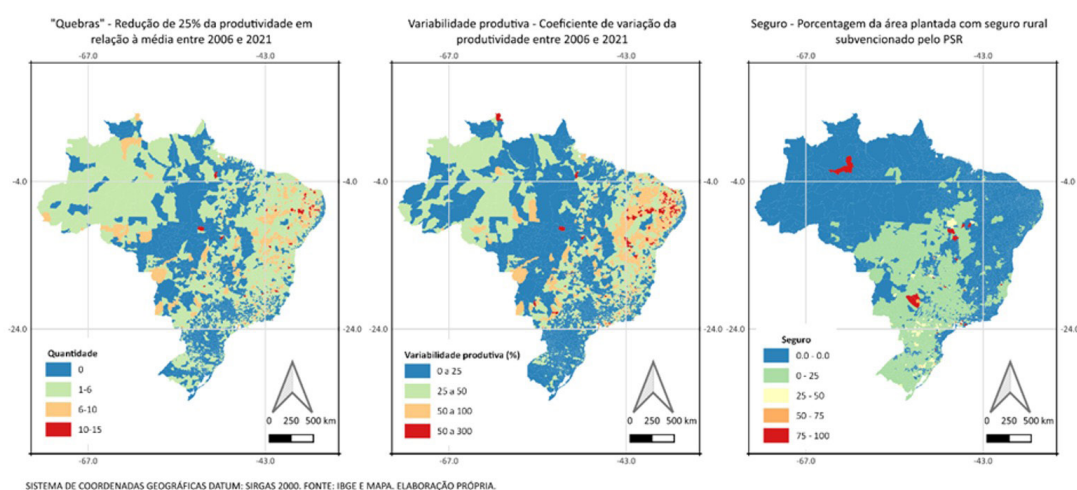


Figura 2 – Brasil por municípios: quebras, variabilidade produtiva e seguro rural – 2006 a 2021.
Fonte: IBGE (2006 – 2021) e MAPA (Brasil, 2022b). Elaboração própria com *shapefile* de Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021a, 2021b).

De forma complementar aos mapas, a seguir são apresentados os resultados das estimações baseada na Equação 1. O teste F de todas permite rejeitar a hipótese nula de que todas as variáveis são iguais a zero e todas as covariadas – com exceção de algumas *dummies* estaduais

– apresentam fator de inflação de variância (FIV) próximas a um e nenhuma maior que 5, o que indica ausência de multicolinearidade entre as variáveis.

A Tabela 7 expõe os resultados para as estimativas em que a variável dependente é o logaritmo neperiano da média da produtividade agrícola municipal de todas as culturas entre 2006 e 2021. A *especificação I* avalia o indicador de segurança hídrica com todas as dimensões do ISH (humana, ecossistêmica, econômica e resiliência). Na *especificação II*, a variável de interesse é o indicador da dimensão de resiliência. Na *especificação III*, investiga-se o indicador de variabilidade pluviométrica. Conforme destacado na seção anterior, o indicador de resiliência e de variabilidade pluviométrica estão mais diretamente associadas à produtividade agrícola municipal e a último permite averiguar, especificamente, o impacto do regime de chuvas, que é afetado por mudanças climáticas.

Conforme destacado na seção 2, as três variáveis de interesse são indicadores que variam entre 1 (menor segurança hídrica) e 5 (maior segurança hídrica). Desta forma, os coeficientes estimados podem ser interpretados como o efeito marginal de ter um nível a mais de segurança hídrica (geral, na dimensão resiliência e em variabilidade pluviométrica). São reportadas as estimativas realizadas com as covariadas e as *dummies* de Estados, apresentadas no Quadro 3.

Nas três estimativas, o coeficiente associado ao grau de segurança hídrica é positivo e significativo a 1%, o que indica que a produtividade agrícola está diretamente relacionada ao grau de segurança hídrica do município. Pelos coeficientes, é possível apontar que a variação esperada no nível de produtividade agrícola municipal, entre um grau e outro de segurança hídrica, para variável “ISH” é de 20,1%; para a dimensão resiliência, é de 28,9%; e para variabilidade pluviométrica, é de 8,5%. O R^2 das estimativas está em torno de 0,50.

Tabela 7 – Resultados: estimativas para a média da produtividade agrícola municipal (2006 a 2021)

Variáveis / Especificações	I	II	III
ISH	0,201 ^(a) (0,021)		
Resiliência		0,289 ^(a) (0,017)	
Variabilidade Pluviométrica			0,085 ^(a) (0,013)
Controles	Sim	Sim	Sim
<i>Dummies</i> Estados	Sim	Sim	Sim
Constante	Sim	Sim	Sim
R^2	0,517	0,532	0,515
Observações	5.153	5.153	5.153

Elaboração própria. ^(a) $p < 1\%$. ^(b) $p < 5\%$. ^(c) $p < 10\%$.

A Tabela 8 mostra os resultados para as variáveis de “quebra” e o coeficiente de variabilidade (CV) da produtividade. Como argumentado na seção anterior, essas variáveis são importantes para a análise do seguro rural devido às modalidades de contratação. O ISH não apresenta efeito significativo em nenhum dos indicadores. Em contrapartida, a dimensão de resiliência e a variabilidade pluviométrica, ambas mais diretamente associadas à produção agrícola, foram significativas e negativas para as três variáveis. Ainda, como esperado, o coeficiente associado ao indicador de variabilidade pluviométrica é menor que o associado ao de resiliência. O efeito médio entre um grau de segurança hídrica para outro, na dimensão de resiliência, é de -8,02% na quantidade de “quebras” (25%), 7,64% de “quebras” (50%) e 6,70% no coeficiente de

variabilidade da produtividade. Em relação à variabilidade pluviométrica, esses efeitos são de 6,01%, 4,23% e 3,59%, respectivamente⁴.

Este resultado é o esperado pela revisão teórica: quanto maior o grau de segurança hídrica nessas dimensões, menos frequentes são os eventos de “quebras de safra” e a variabilidade da produtividade agrícola municipal é menor. A partir destas estimações, pode-se defender os indicadores do grau de segurança hídrica na dimensão resiliência e de variabilidade pluviométrica como *proxies* para o risco hídrico na produtividade agrícola municipal, pois possuem relações com a produtividade (em nível e variação) e com a ocorrência de “quebras de safra” (tanto de 25% quanto de 50%).

Tabela 8 – Resultados: estimações para quantidade de “quebras” (redução da produtividade agrícola municipal em relação à média entre 2006 e 2021) de 25% e de 50% e para o coeficiente de variação (CV) da produtividade municipal

Variáveis / Especificações	Quebras (25%)			Quebras (50%)			CV da produtividade		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
ISH	-0,072 (0,057)			-0,002 (0,045)			-0,876 (0,608)		
Resiliência		-0,247 ^(a) (0,048)			-0,094 ^(a) (0,035)			-2,305 ^(a) (0,464)	
Variabilidade Pluviométrica			-0,185 ^(a) (0,035)			-0,052 ^(b) (0,023)			-1,234 ^(a) (0,275)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Dummies Estados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constante	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
R ²	0,303	0,307	0,306	0,265	0,266	0,265	0,306	0,309	0,307
Observações	5.153	5.153	5.153	5.153	5.153	5.153	5.153	5.153	5.153

Elaboração própria. ^(a) p<1%. ^(b) p<5%. ^(c) p<10%.

A Tabela 9 expõe os resultados das estimações para a média municipal de área plantada com seguro agrícola com subvenção ao prêmio pelo PSR entre 2006 e 2021. Como o índice de segurança hídrica foi efetivamente publicado em 2017, foram realizadas estimações antes e depois da publicação para investigar possíveis impactos da publicação nas contratações de seguro rural. As estimações não divergem significativamente. Além disso, é plausível pressupor que, na maioria dos municípios, o nível de segurança hídrica não se altera no período analisado.

Tanto o indicador de resiliência quanto o de variabilidade pluviométrica estão diretamente associados à porcentagem de área plantada segurada com PSR. Os efeitos médios, entre um grau e outro, de ambos estão próximos de 12%. Isto é, entre o grau mínimo e máximo de segurança hídrica há, em média, cerca de 50% mais áreas plantadas com seguro rural subvencionado pelo programa. Na Tabela 9, também são expostos os resultados para a variabilidade da produtividade e do percentual da produção irrigada que está sujeita a risco hídrico. Observa-se que maior variabilidade produtiva está associada a menor cobertura da área plantada com seguro. Porém, quanto maior a plantação irrigada em risco, maior a contratação de seguro. Nesse caso, a cada ponto percentual a mais de área irrigada em risco, tem-se, em média, aumento entre 0,76 e 0,64 pontos percentuais na cobertura da área plantada com seguro (efeito médio entre 22,7% e 19,2%).

⁴ O efeito médio percentual da variável é a razão entre o coeficiente associado à variável independente e a média da variável dependente. As médias estão na Tabela 4.

Tabela 9 – Resultados: estimações para a média municipal de área plantada com seguro agrícola com PSR entre 2006 e 2021, 2017 e 2021 e 2006 a 2016.

Variáveis / Estimções	Seguro		Depois de 2017		Antes de 2017	
	II	III	II	III	II	III
Resiliência	0,424 ^(a) (0,110)		0,418 ^(b) (0,185)		0,423 ^(a) (0,101)	
Variabilidade Pluviométrica		0,425 ^(a) (0,107)		0,679 ^(a) (0,182)		0,330 ^(a) (0,097)
CV Produtividade	-0,008 ^(a) (0,002)	-0,008 ^(a) (0,002)	-0,004 (0,005)	-0,004 (0,005)	-0,009 ^(a) (0,002)	-0,009 ^(a) (0,002)
Área Irrigada em Risco Hídrico	0,768 ^(a) (0,258)	0,649 ^(b) (0,265)	1,085 ^(b) (0,510)	1,050 ^(b) (0,517)	0,632 ^(a) (0,213)	0,483 ^(b) (0,219)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Dummies Estados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constante	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
R ²	0,417	0,418	0,334	0,337	0,393	0,393
Observações	4.863	4.863	4.863	4.863	4.862	4.862

Elaboração própria. ^(a) p<1%. ^(b) p<5%. ^(c) p<10%.

A Tabela 10 mostra os resultados para as duas maiores seguradoras (Brasilseg e Allianz) e as demais seguradoras. Nas estimções para as duas seguradoras que concentram grande parte do mercado, os coeficientes das dimensões de segurança hídrica (resiliência e variabilidade pluviométrica) e da área irrigada em risco são positivos e significativos. Já aqueles associados à variabilidade da produtividade são negativos e significativos. As estimções considerando apenas as demais seguradoras resultaram em coeficientes sem significância estatística.

Tabela 10 – Resultados: estimções para a média municipal de área plantada com seguro agrícola com PSR entre 2006 e 2021, por empresa seguradora

Variáveis / Estimções	Brasilseg		Allianz		Outras seguradoras	
	II	III	II	III	II	III
Resiliência	0,055 ^(c) (0,029)		0,278 ^(a) (0,063)		0,103 (0,085)	
Variabilidade Pluviométrica		0,071 ^(a) (0,022)		0,318 ^(a) (0,058)		0,137 (0,086)
CV Produtividade	-0,003 ^(a) (0,001)	-0,003 ^(a) (0,001)	-0,007 ^(a) (0,002)	-0,007 ^(a) (0,002)	0,002 (0,002)	0,002 (0,002)
Área Irrigada em Risco Hídrico	0,132 ^(b) (0,061)	0,121 ^(b) (0,058)	1,228 ^(a) (0,204)	1,163 ^(a) (0,201)	0,330 (0,258)	0,312 (0,271)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Dummies Estados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constante	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
R ²	0,340	0,341	0,342	0,345	0,261	0,261
N	4.863	4.863	4.863	4.863	4.863	4.863

Elaboração própria. ^(a) p<1%. ^(b) p<5%. ^(c) p<10%.

Sugere-se, assim, que os resultados encontrados (Tabela 9) decorrem, principalmente, do comportamento das principais seguradoras. Uma hipótese possível é a de “aversão ao risco”. Outra, provavelmente mais adequada, é que essas seguradoras buscam equacionar o risco de suas carteiras; porém, em um contexto de baixa adesão ao seguro rural, fortemente limitado pelo alto custo e por baixo orçamento do PSR, não alcançam os produtores em municípios de maior risco hídrico. Em relação ao PROAGRO, essa pode ser uma “desvantagem” do PSR, uma vez que a cobertura do seguro em regiões de maior risco, em uma lógica privada, requer

necessariamente maior cobertura em regiões de menor risco. Nesse sentido, regiões com elevado risco hídrico, como o nordeste brasileiro, tendem a ter níveis de cobertura do PSR abaixo do desejado. Porém, vale mencionar que as estimações sugerem direcionamento para municípios com “risco hídrico associado à irrigação”.

4.1. Efeitos heterogêneos por níveis de produtividade

A Tabela 11 e a Tabela 12 apresentam, respectivamente, as estimativas do coeficiente de variação (CV) da produtividade agrícola e da área plantada com seguro rural subvencionado pelo PSR. Os dados são segmentados em quintis com base na produtividade agrícola municipal, permitindo uma análise comparativa entre diferentes níveis de produtividade. É importante destacar que o 1º quintil agrupa os municípios com os menores níveis de produtividade, enquanto o 5º quintil representa aqueles com os maiores níveis de produtividade.

Nas estimações com coeficiente de variação da produtividade como variável dependente, o coeficiente associado ao grau de segurança hídrica na dimensão resiliência (Tabela 11) é negativo em todos os quintis; porém, significativo somente no segundo. Já o coeficiente relacionado à variabilidade pluviométrica (Tabela 12) é negativo em todos os quintis e significativo do primeiro ao terceiro. Quanto à média da área plantada com seguro rural pelo PSR, os coeficientes da “resiliência” são positivos; contudo, significativo apenas no primeiro quintil (Tabela 11). Já os coeficientes da variabilidade pluviométrica são positivos e significativos do primeiro ao terceiro quintis (Tabela 12).

Tabela 11 – Resultados: estimações para coeficiente de variabilidade (CV) da produtividade e seguro rural, por quintil

Variáveis /Quintis	CV Produtividade					Seguro Rural				
	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º
Resiliência	-0,65 (1,808)	-1,537 ^(b) (0,716)	-0,322 (0,978)	-0,057 (1,032)	-0,526 (0,708)	0,257 ^(b) (0,128)	0,358 (0,293)	0,008 (0,265)	0,39 (0,242)	0,092 (0,224)
CV Produtividade						-0,001 (0,001)	-0,014 ^(b) (0,006)	-0,020 ^(b) (0,008)	0,011 (0,009)	0,068 ^(a) (0,012)
Área Irrigada em Risco Hídrico						0,218 ^(c) (0,128)	1,649 ^(b) (0,685)	0,165 (0,635)	0,281 (0,795)	0,104 (0,816)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Dummies Estados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constante	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
R ²	0,304	0,528	0,325	0,235	0,225	0,537	0,494	0,389	0,417	0,254
Observações	934	1.059	1.050	1.027	1.083	856	997	971	972	1.067

Elaboração própria. ^(a) p<1%. ^(b) p<5%. ^(c) p<10%.

Desta forma, sugere-se que os efeitos discutidos anteriormente (Tabela 8 e Tabela 9) são mais proeminentes nos municípios com menor produtividade. É plausível cogitar que maior “qualidade” na adoção de tecnologias, i.e., técnicas superiores de uso da irrigação e defensivos e maquinários melhores, que tornam a atividade mais produtiva, mitiguem o impacto da insegurança hídrica. Esse efeito está alinhado com a literatura; por exemplo, Fragozo & Pizaia (2023) estimam diferença significativa na eficiência de projetos de irrigação. Porém, o coeficiente de variabilidade da produtividade no quinto quintil (mais produtivo) em relação ao seguro rural (positivo e estatisticamente significativo) indica que, em áreas com alta produtividade, maior variabilidade da produtividade está associado com maior contratação de seguro rural com PSR.

Tabela 12 – Resultados: estimações para coeficiente de variabilidade (CV) da produtividade e seguro rural, por quintil

Variáveis / Quintis	CV Produtividade					Seguro Rural				
	1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º
Variabilidade	-4,365 ^(a)	-0,792 ^(b)	-1,233 ^(b)	-0,296	-0,751	0,482 ^(c)	1,295 ^(a)	0,507 ^(c)	-0,367	0,187
Pluviométrica	(1,550)	(0,324)	(0,495)	(0,662)	(0,494)	(0,256)	(0,223)	(0,284)	(0,258)	(0,150)
CV Produtividade						-0,000	-0,012 ^(b)	-0,019 ^(b)	0,011	0,068 ^(a)
						(0,001)	(0,006)	(0,008)	(0,009)	(0,012)
Área Irrigada em Risco Hídrico						0,186	1,793 ^(b)	0,284	-0,414	0,164
						(0,128)	(0,702)	(0,599)	(0,785)	(0,835)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Dummies Estados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constante	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
R ²	0,306	0,527	0,328	0,235	0,226	0,539	0,515	0,394	0,419	0,255
Observações	934	1.059	1.050	1.027	1.083	856	997	971	972	1067

Elaboração própria. ^(a) p<1%. ^(b) p<5%. ^(c) p<10%.

4.2. Efeitos heterogêneos por culturas

As Tabelas 13 e 14 mostram os resultados das estimações que relacionam, respectivamente, o coeficiente de variação da produtividade agrícola municipal e a área plantada segurada com subvenção pelo PSR ao indicador da dimensão de resiliência para cada cultura: arroz, milho, soja, cana-de-açúcar, café e uva. Na Tabela 13, os resultados convergem para o caso geral nas culturas de arroz e milho (1ª e 2ª safra), mas divergem para soja e não apresentam significância para cana-de-açúcar, café e uva. Na Tabela 14, as culturas de arroz, soja e cana-de-açúcar têm comportamentos semelhantes ao caso geral; i.e., municípios com maior resiliência à seca também estão associados à maior cobertura da área plantada com seguro (com subvenção ao prêmio pelo PSR). A cultura da uva apresenta coeficiente significativo e negativo; ou seja, quanto menor a resiliência à seca, maior a área com cobertura. Já as culturas de milho e café não apresentam significância estatística.

Tabela 13 – Resultados: estimações para coeficiente de variabilidade da produtividade agrícola municipal, por cultura entre 2006 e 2021

Variáveis / Culturas	Arroz	Milho 1ª Safra	Milho 2ª Safra	Soja	Cana-de-Açúcar	Café	Uva
Resiliência	-1,505 ^(a)	-3,541 ^(a)	-1,694 ^(b)	0,839 ^(a)	-0,354	0,476	0,141
	(0,428)	(0,427)	(0,659)	(0,247)	(0,317)	(0,561)	(0,732)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Dummies Estados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constante	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
R ²	0,363	0,538	0,426	0,369	0,170	0,113	0,069
Observações	3.454	4.950	2.091	2.449	3.975	1.995	1.503

Fonte: Elaboração própria. ^(a) p<1%. ^(b) p<5%. ^(c) p<10%.**Tabela 14** – Resultados: estimações para média de área plantada com seguro subvencionado pelo PSR por cultura entre 2006 e 2021

Variáveis / Culturas	Arroz	Milho 1ª Safra	Milho 2ª Safra	Soja	Cana-de-Açúcar	Café	Uva
Resiliência	0,073 ^(c)	-0,166	-0,009	1,046 ^(a)	0,162 ^(a)	0,085	-1,814 ^(a)
	(0,044)	(0,108)	(0,281)	(0,376)	(0,036)	(0,109)	(0,481)
CV Produtividade	-0,002 ^(b)	0,003 ^(c)	0,003	0,043 ^(c)	-0,003 ^(a)	0,002	-0,029 ^(c)
	(0,001)	(0,002)	(0,007)	(0,023)	(0,001)	(0,003)	(0,015)

Fonte: Elaboração própria. ^(a) p<1%. ^(b) p<5%. ^(c) p<10%.

Tabela 14 – Continuação...

Variáveis / Culturas	Arroz	Milho 1 ^a Safra	Milho 2 ^a Safra	Soja	Cana-de-Açúcar	Café	Uva
Risco Irrigação	0,360 ^(c) (0,192)	0,921 ^(a) (0,175)	0,172 (0,356)	0,852 (2,240)	0,084 (0,083)	-0,182 (0,324)	0,238 (2,954)
Controles	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Dummies Estados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constante	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
R ²	0,260	0,403	0,255	0,252	0,264	0,178	0,110
Observações	3.389	4.736	2.268	2.429	3.880	1.984	1.491

Fonte: Elaboração própria. ^(a) p<1%. ^(b) p<5%. ^(c) p<10%.

5. Conclusões

O presente estudo investigou a relação da segurança hídrica com o nível e a variabilidade de produtividade agrícola municipal e com a distribuição dos recursos do PSR. É possível indicar que quanto maior a segurança hídrica, maior o nível e menor a variabilidade da produtividade agrícola e maior a cobertura da área plantada com seguro subvencionado pelo PSR. O último resultado contraria a hipótese de que áreas mais expostas ao risco hídrico seriam aquelas com maior cobertura de seguros. O que revela é uma possível limitação de focalização ou de demanda nessa política agrícola. Contudo, quanto maior a área irrigada em risco hídrico, maior a cobertura do seguro, o que sugere que, para “o risco hídrico para irrigação”, essa política pode estar sendo bem direcionada.

Os resultados em relação ao seguro podem ser explicados, ao menos em parte, por questões institucionais e econômicas ligadas à produção agropecuária em cada região (Ozaki, 2010). Adicionalmente, foi observado que o PSR é distribuído segundo a lógica privada das seguradoras, que buscam equilibrar o risco e a rentabilidade. Assim, se, por um lado, o PSR apresenta uma gestão mais eficiente e previsível do que o PROAGRO, por outro, esta política estaria sujeita ao comportamento das seguradoras. Nesse sentido, dado que os recursos destinados para o PSR são insuficientes para atender à agricultura brasileira (Ozaki, 2008, 2010, 2013), pode ser inviável para as seguradoras atenderem regiões de maior risco e manter uma carteira equilibrada.

Importa salientar que este estudo propôs uma metodologia replicável para utilização do ISH, principal indicador proposto pela ANA para gerenciamento dos recursos hídricos no país, para análises econômicas em nível municipal, uma vez que algumas dimensões foram disponibilizadas por *ottobacias*.

Esse estudo ainda observou que esse comportamento da distribuição do seguro se mantém mesmo quando se consideram apenas as seguradoras que concentram a maior parcela do mercado, com mais clientes e maior capilaridade. Porém, é razoável o argumento de que, dada a baixa adesão geral ao seguro, essas empresas também tenham clientes insuficientes para atender áreas com maior risco e garantir rentabilidade. Também foram investigados efeitos para diferenças na “qualidade” da tecnologia e em diferentes culturas. Nesses últimos, se observaram efeitos heterogêneos, principalmente na soja, em que maior segurança hídrica está associada a maior coeficiente de variação da produtividade. O que, possivelmente, seja devido ao fato de que a produção com alta produtividade desta cultura esteja em áreas semiáridas. Porém, essas diferenças não invalidam os efeitos estimados para a média das culturas, apenas assinalam que há especificidades relevantes.

É relevante apontar que a mudança climática em curso (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021; Assad et al., 2022), uma vez que acentua e aumenta a frequência de eventos extremos, torna imprescindível o seguro rural para a manutenção da atividade agrícola. Mesmo com todas as tecnologias agrícolas já desenvolvidas para controlar as variações climáticas, observam-se quebras de safra cada vez mais frequentes.

O PSR tem potencial de auxiliar o mercado a universalizar essa política agrícola no país. No entanto, conta com recursos insuficientes, o que dificulta a cobertura dos produtores com maior risco. Este trabalho, seguindo a literatura sobre o tema, recomenda um crescimento significativo dos recursos do programa. Mas, dada a escassez de recursos públicos para tais políticas, buscamos discutir a eficiência da aplicação dos recursos do PSR em atender os agricultores que enfrentam riscos maiores. Nesse sentido, é importante que se construam mecanismos que compensem a “aversão ao risco” das seguradoras, para benefício dos agricultores brasileiros em municípios com menor segurança hídrica, uma vez que, devido a este risco, é esperado que tenham maior variabilidade na produtividade.

Contribuição dos autores:

WTO: concepção, elaboração, coleta e tratamento de dados, análise, escrita. BBP: concepção, elaboração, coleta e tratamento de dados, análise, escrita. CCSS: concepção, elaboração, coleta e tratamento de dados, análise, escrita.

Suporte financeiro:

CNPq – Chamada CNPq nº 04/2021 - Bolsas de Produtividade em Pesquisa – Carlos Cesar Santejo Saiani (Processo 316030/2021-0). FAPEMIG – Projeto - Edital Universal 001/2022 - Projeto APQ-01278-22 – Bruno Benzaquen Perosa

Conflitos de interesse:

nada a declarar

Aprovação conselho de ética:

não se aplica

Declaração de Disponibilidade de Dados:

Os dados da pesquisa estão disponíveis sob consulta.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer os pareceristas que nos enviaram sugestões valiosas para melhoria do trabalho e o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação para Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

*** Autor correspondente:**

Welber Tomás de Oliveira. welber@ufu.br

Referências

Adami, A. C. O., Ozaki, V. A., & Miquelluti, D. L. (2022). Efeito de alterações no preço de referência sobre as indenizações do Seguro Agrícola de Faturamento da soja no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 60(4), e247784. <http://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.247784>

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2019a). *Manual de usos consuntivos da água no Brasil*. Brasília: ANA.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. (2019). *Plano Nacional de Segurança hídrica. Brasil*. Brasília: ANA.
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. (2020). Índice de Segurança Hídrica – ISH. Brasília: ANA. Recuperado em 22 de maio de 2024, de <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c349dc5a-0c01-4f14-9519-e3340fef2c66>
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2021). *Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. (2. ed.). Brasília: ANA.
- Assad, E. D., Calmon, M., Lopes-Assad, M. L., Feltran-Barbieri, R., Pompeu, J., Domingues, L. M., & Nobre, C. A. (2022). Adaptação e resiliência de sistemas agrícolas às mudanças climáticas locais e eventos extremos: uma revisão integrativa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 52, e72899. <http://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272899>
- Assad, E. D., Costa, L. C., Martins, S., Calmon, M., Feltran-Barbieri, R., Campanili, M., & Nobre, C. A. (2020). *Role of the ABC Plan and Planaveg in the adaptation of crop and cattle farming to climate change*. São Paulo: WRI-Brasil.
- Brasil. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2022a). *Programa de seguro rural: relatório 2021*. Brasília: MAPA.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2022b). *Sistema de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural – SISSER (dados até 2021)*. Recuperado em 22 de maio de 2024, de <https://dados.agricultura.gov.br/dataset/sisser3>
- Castro, C. N. (2022). Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. <http://doi.org/10.38116/978-65-5635-031-8>
- Cunha, D. A. D., Coelho, A. B., Féres, J. G., Braga, M. J., & Souza, E. C. D. (2013). Irrigação como estratégia de adaptação de pequenos agricultores às mudanças climáticas: aspectos econômicos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 51(2), 369-386. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032013000200009>
- Felema, J., & Spolador, H. F. S. (2023). Decomposição espacial do crescimento da Produtividade Total dos Fatores (PTF) da agropecuária brasileira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 61(3), e260708. <http://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.260708>
- Fragoso, R. M. S., & Pizaia, M. G. (2023). Efficiency and its determinants in the public irrigation projects of Brazil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 61(spe), e276113. <http://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.276113>
- Guimarães, T. C., & Igari, A. T. (2019). Mudança do clima e seus impactos no seguro agrícola no Brasil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12(4), 1583-1604. <http://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n4p1583-1604>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2017a). *Estimativas da população residente para os municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2017*. Brasília. Recuperado em 22 de maio de 2024, de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2017b). *Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos*. Brasília. Recuperado em 22 de maio de 2024, de <https://censoagro.ibge.gov.br>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2019). *Produto Interno Bruto dos Municípios 2017*. Recuperado em 22 de maio de 2024, de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno>

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2021a). *Pesquisa Agrícola Municipal (PAM): anos 2006-2021*. Brasília. Recuperado em 22 de maio de 2024, de <https://sidra.ibge.gov.br>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2021b). *Malhas territoriais: municípios do Brasil – 2021*. Brasília. Recuperado em 22 de maio de 2024, de <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2021). *IPCC 2021: climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Kong, F., & Sun, S. (2021). Better understanding insurance mechanism in dealing with climate change risk, with special reference to China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 2996. <http://doi.org/10.3390/ijerph18062996>
- Macedo, L. O. B., Pacheco, A. B., & Santo, E. S. E. (2013). A evolução do Programa de Subvenção do Prêmio do Seguro Rural: uma avaliação do período 2006-10. *Indicadores Econômicos FEE*, 40(4), 99-112.
- Medeiros, E. A. (2013). Avaliação da Implementação do Programa de Subvenção do Prêmio do Seguro Rural. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 51(2), 295-308. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032013000200005>
- Melo, C. O., & Parré, J. L. (2007). Índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses: determinantes e hierarquização. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 45(2), 329-365. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032007000200005>
- Neves, M. C. R., Castro, L. S., & Freitas, C. O. (2019). O impacto das cooperativas na produção agropecuária brasileira: uma análise econométrica espacial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 57(4), 559-576. <http://doi.org/10.1590/1806-9479.2019.187145>
- Ozaki, V. A. (2008). Em busca de um novo paradigma para o seguro rural no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 46(1), 97-119. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032008000100005>
- Ozaki, V. A. (2010). Uma digressão sobre o programa de subvenção ao prêmio do seguro rural e as implicações para o futuro deste mercado. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 48(4), 495-514. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032010000400001>
- Ozaki, V. A. (2013). Qual o custo governamental do seguro agrícola? *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 51(1), 123-136. <http://doi.org/10.1590/S0103-20032013000100007>
- Ozaki, V. A., & Shiota, R. (2005). A experiência do seguro agrícola nos EUA: evolução e performance. *Revista Brasileira de Risco e Seguro*, 1(2), 69-87.
- Tanure, T. M. P., Domingues, E. P., & Magalhães, A. S. (2024). Regional impacts of climate change on agricultural productivity: evidence on large-scale and family farming in Brazil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(1), e262515. <http://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.262515>

Recebido: Maio 22, 2024;

Aceito: Janeiro 22, 2025

JEL Classification: C21; Q18

Editor de seção: Silvio Cezar Arend