

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ORGANIZAÇÕES E MERCADOS



Tese

Ensaaios Sobre Seguro Rural no Brasil

Silvio da Rosa Paula

Pelotas

2022

SILVIO DA ROSA PAULA

Ensaaios Sobre Seguro Rural no Brasil

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Economia Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Garcia Ribeiro

Pelotas

2022

SILVIO DA ROSA PAULA

Ensaaios Sobre Seguro Rural no Brasil

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados da Universidade Federal de Pelotas como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Economia Aplicada.

Aprovado pela Banca Examinadora em:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Gibran da Silva Teixeira (FURG)

Prof. Dr. Gabrielito Rauter Menezes (UFPEL)

Pesquisadora. Dra. Regina Helena Rosa Sambuichi (IPEA)

Prof. Dr. Felipe Garcia Ribeiro (UFPEL)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço meus pais que sempre me apoiaram e motivaram, sem eles não teria obtido êxito.

Agradecimento especial à minha companheira Dianifer Leal Borges, por todo amor, carinho e apoio nesta jornada.

Devo agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados da Universidade Federal de Pelotas (PPGOM/UFPel) e a todos professores pela amizade, obrigado por compartilhar seus conhecimentos comigo.

Ao meu orientador, professor Felipe Garcia Ribeiro por suas orientações que foram muito além da tese, mostrando oportunidades e caminhos para meu crescimento profissional.

Também, gostaria de agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Instituto Escolhas Economia e Meio Ambiente pelas bolsas de estudos que foram muito importante durante o período de dedicação exclusiva. Por fim, agradeço ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e a pesquisadora Regina Helena Rosa Sambuichi por compartilhar seus conhecimentos e disponibilizar a base de dados que possibilitou a realização do primeiro ensaio desta tese.

RESUMO

Esta tese é composta por três ensaios onde são avaliados os impactos causais do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) no Brasil. No primeiro ensaio é realizada uma avaliação de impacto do PSR sobre o valor da produção agrícola e diversidade da produção dos agricultores familiares, para o período de 2007 a 2017. A estratégia empírica utilizada foi de Diferença-em-Diferenças aplicando o estimador proposto por Sun e Abraham (2021) combinado com a técnica de Balanceamento por Entropia, para um conjunto de dados em nível de Unidades Familiares de Produção Agrária (UFPA), obtidos das Declarações de Aptidão ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (DAP). Os resultados encontrados indicam que o PSR contribuiu para o aumento do valor bruto da produção, sem influenciar a diversidade produtiva dos agricultores familiares. Já no segundo ensaio, foram avaliados os impactos do PSR sobre a produtividade e eficiência da atividade agrícola no Brasil, no horizonte temporal de 2002 a 2018. Nesse contexto, foi utilizada a estratégia empírica de Diferença-em-Diferenças aplicando o estimador proposto por Callaway e Sant’Anna, (2021), em um conjunto de dados em nível municipal. Os resultados encontrados indicam que o PSR não influenciou a produtividade e a eficiência da produção das culturas analisadas, com dados agregados em nível de município. Por fim, no terceiro ensaio foi avaliado os impactos do PSR sobre as infrações ambientais, no período de 1996 a 2018. Como estratégia empírica, utilizou-se a abordagem de inferência causal de Séries Temporais Estruturais Bayesianas (BSTS). Os resultados apontam que o PSR contribuiu para redução das infrações ambientais relacionadas a atividade agropecuária, insumos agrícolas e recursos hídricos. Por outro lado, há indícios que o programa contribuiu para um aumento nas infrações de desmatamento e queimadas.

Palavras Chaves: Seguro rural, Produtividade, Renda Agrícola, Meio-Ambiente.

ABSTRACT

This thesis consists of three essays where the causal impacts of the Rural Insurance Award Grant Program (PSR) in Brazil are evaluated. In the first trial an impact assessment of the PSR on the value of agricultural production and diversity of family farmers' production is carried out for the period 2007 to 2017. The empirical strategy used was Difference-in-Differences applying the estimator proposed by Sun and Abraham (2021) combined with the Entropy Balancing technique, for a set of data at the level of Family Units of Agrarian Production (UFPA) obtained from the Declarations of Aptitude to the National Program for Strengthening Family Farming (DAP). The results indicate that the PSR contributed to increase the gross value of production, without influencing the productive diversity of family farmers. In the second trial, the impacts of the PSR on the productivity and efficiency of agricultural activity in Brazil, in the time horizon from 2002 to 2018, were evaluated. In this context, the empirical strategy of Difference-in-Differences was used applying the estimator proposed by Callaway and Sant'Anna, (2021), in a set of data at the municipal level. The results indicate that the PSR did not influence the productivity and production efficiency of the crops analyzed, with aggregated data at the municipality level. Finally, the third trial evaluated the impacts of PSR on environmental infractions, from 1996 to 2018. As an empirical strategy, we used the causal inference approach of Bayesian Structural Time Series (BSTS). The results indicate that the PSR contributed to reduce environmental infractions related to agricultural activity, agricultural inputs, and water resources. On the other hand, there are indications that the program contributed to an increase in deforestation and burning infractions.

Keywords: Crop Insurance, Productivity, Agricultural Income, Environment.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4-1: Autos de infrações por seguradora.....	61
Gráfico 4-2: Autos de infrações por locais de ocorrência.	62
Gráfico 4-3: Autos de infrações relacionadas a atividade agropecuária pré e pós-tratamento.	62
Gráfico 4-4: Autos de infrações relacionadas a insumos agrícolas pré e pós-tratamento.	63
Gráfico 4-5: Autos de infrações relacionadas a recursos hídricos pré e pós-tratamento.....	64
Gráfico 4-6: Autos de infrações contra fauna pré e pós-tratamento.....	65
Gráfico 4-7: Autos de infrações contra flora pré e pós-tratamento	65
Gráfico 4-8: Autos de infrações relacionadas a desmatamento pré e pós-tratamento.....	66
Gráfico 4-9: Autos de infrações relacionadas a queimadas pré e pós-tratamento.....	66
Gráfico 4-10: Ano em que recebeu a primeira subvenção do PSR	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1: Resultados infrações agropecuárias.....	71
Figura 4-2: Resultados infrações insumos agrícolas	71
Figura 4-3: Resultados infrações envolvendo recursos hídricos	72
Figura 4-4: Resultados para as infrações contra fauna e flora	72
Figura 4-5: Resultados infrações desmatamento.....	73
Figura 4-6: Resultados infrações queimadas.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1: Descrição das principais variáveis utilizadas e suas respectivas fontes.....	14
Tabela 2-2: Total de UFPAs tratadas e controles por regiões e ano	15
Tabela 2-3: Balanço das covariáveis pré e pós-balanceamento.	20
Tabela 2-4: Resultados do PSR sobre a renda e a diversidade das UFPAs.....	21
Tabela 2-5: Resultados estudo de eventos com estimador de Sun e Abraham.	22
Tabela 3-1: Descrição das principais variáveis utilizadas e fontes.	39
Tabela 3-2: Estatísticas descritivas para o setor agrícola	40
Tabela 3-3: Resultados	43
Tabela 4-1: Descrição das variáveis utilizadas e suas respectivas fontes.	56
Tabela 4-2: Estatísticas do seguro rural por ano.	58
Tabela 4-3: Estatísticas do seguro rural por unidades da Federação.....	59
Tabela 4-4: Estatísticas do seguro rural por atividade.....	60
Tabela 4-5: Resultados do impacto do PSR sobre as infrações dos produtores subvencionados	69
Tabela 4-6: Resultados do impacto do PSR sobre as infrações placebos.	74
Tabela 4-7: Apêndice - Palavras chaves utilizadas para montar as variáveis de resposta	79

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 O IMPACTO DO PROGRAMA DE SUBVENÇÃO AO PRÊMIO DO SEGURO RURAL SOBRE O VALOR E DIVERSIDADE DA PRODUÇÃO DOS AGRICULTORES FAMILIARES	4
2.1 Introdução.....	5
2.2 Contextualização	7
2.2.1 Agricultura Familiar e Diversidade da Produção.....	7
2.2.3 Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR)	11
2.3 Dados	13
2.3.1 Análise dos dados	15
2.4 Metodologia	16
2.4.1 Estratégia Empírica.....	16
2.5 Resultados.....	19
2.6 Conclusão.....	23
2.7 Referências.....	24
3 O IMPACTO DO PROGRAMA DE SUBVENÇÃO AO PRÊMIO DO SEGURO RURAL SOBRE A PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DA ATIVIDADE AGRÍCOLA NO BRASIL.	29
3.1 Introdução.....	30
3.2 Seguro rural.....	31
3.2.1 O seguro rural no mundo	32
3.2.2 O seguro no Brasil	33
3.3.3 Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR)	34
3.3.4 Seguro rural, produtividade e eficiência.	36
3.4 Dados	38
3.4.1 Estatísticas descritivas	39
3.5 Metodologia	40
3.5.1 Estratégia empírica	40
3.6 Resultados.....	43
3.7 Conclusão.....	44
3.8 Referências.....	45
4 SEGURO RURAL E MEIO AMBIENTE: OS IMPACTOS DO PROGRAMA DE SUBVENÇÃO AO PRÊMIO DO SEGURO RURAL.....	49
4.1 Introdução.....	50
4.2 Revisão de Literatura	51
4.2.1 Setor Agropecuário e Meio Ambiente	51
4.2.2 Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR)	53
4.3 Dados	56
4.3.1 Análise Exploratória dos dados	58
4.4 Estratégia Empírica.....	67
4.5 Resultados.....	69
4.6 Conclusão.....	76
4.7 Referências.....	77
4.8 Apêndice:.....	79
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
6 REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

A atividade agropecuária é altamente dependente dos eventos climáticos, sanitários e da volatilidade dos preços dos insumos e produtos, o que por sua vez gera um grau maior de incerteza em torno da produção. Este fato, contribui para a uma maior aceitação de intervenções governamentais com objetivos de conferir segurança aos produtores rurais.

Dentro deste contexto, nasce o programa de seguro rural nos Estados Unidos na década de 1920. Seguindo essa mesma linha, entre os anos de 1930 e 1960, países como o Japão, Índia, Sri Lanka, Canadá e México, implementam seus programas de seguro rural como forma de incentivar e proteger o setor agrícola (BARNETT, 2000; FERREIRA E ROCHA FERREIRA, DA, 2009; OZAKI, 2005). O primeiro seguro do setor agrícola brasileiro data do ano de 1939, com a criação do seguro contra granizo para a lavoura algodoeira do estado de São Paulo, programa que contribuiu para a criação de outros seguros estatais e, também, para a criação da companhia Nacional do Seguro Agrícola (CNSA) e o fundo de Estabilidade do Seguro Agrícola (FESA) em 1964 (RAMOS, 2009).

Atualmente, o Programa do Governo Federal de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) é o principal instrumento de seguro rural no Brasil. Criado no ano de 2003, o PSR ficou a cargo do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), tendo como diretrizes promover a universalização do acesso ao seguro rural, assegurando seu papel como instrumento para estabilidade de renda agropecuária e, induzir a utilização de tecnologias adequadas e modernizar a gestão do empreendimento agropecuário. O funcionamento do PSR consiste em subsidiar partes dos custos financeiros na contratação do seguro rural privado (CNA, 2020; MAPA, 2022b, 2017).

Apesar de quase duas décadas desde sua criação por lei, o PSR ainda pode ser considerado incipiente. A experiência internacional aponta que países como os Estados Unidos da América e a Espanha onde o seguro rural é mais consolidado, careceram de um longo período para ganhar a confiança de seus produtores. No contexto brasileiro, no ano de 2021, apenas 21% das áreas agrícolas estavam cobertas pelo PSR, o que representa aproximadamente 13.7 milhões de hectares segurados (IBGE, 2020; MAPA, 2022). Por outro lado, de acordo com *United States Department of Agriculture* (USDA), a participação dos agricultores americanos segurados atingiu quase 90% em 2015, representando uma cobertura de aproximadamente 121 milhões de hectares (Schnepf, 2019; USDA, 2016). Diante dessa realidade e do fato que o Brasil figura entre os maiores produtores agropecuários do mundo, fica evidente que o seguro rural ainda tem muito espaço para avançar.

Em vista dos argumentos apresentados, esta tese tem como objetivo avaliar os impactos do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) sobre a produtividade, eficiência, valor bruto da produção, diversidade produtiva e seus impactos sobre o meio-ambiente.

No primeiro ensaio é avaliado o impacto do PSR sobre a diversidade e valor da produção dos agricultores familiares. No ano de 2020, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), aprovou a criação do projeto-piloto de subvenção ao prêmio do seguro rural para operações enquadradas no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), com objetivo de promover a contratação do seguro entre agricultores. Contudo, muitos agricultores familiares já participavam do PSR, desta forma, utilizando um conjunto de dados em nível de Unidades Familiares de Produção Agrária (UFPA) extraídas da Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP), empregando a estratégia empírica de Diferença-em-Diferenças, com estimador proposto por Sun; Abraham, (2021) combinado com a técnica de balanceamento por entropia, no horizonte temporal de 2007 a 2017, foi possível inferir que o PSR contribuiu para um aumento no valor bruto da produção, porém, sem observar impactos sobre a diversidade da produção das UFPAs.

Já no segundo ensaio, foi avaliado o impacto do PSR sobre a produtividade e eficiência da atividade agrícola no Brasil. Para atingir os objetivos propostos, foi empregada a estratégia empírica de Diferença-em-Diferenças aplicando o estimador proposto por Callaway e Sant'Anna, (2021), em um conjunto de dados em nível municipal para o período de 2002 a 2018. Quanto aos resultados, apesar de que para algumas estimações foram encontrados coeficientes estatisticamente significativos, não foi possível garantir a construção de um cenário contrafactual válido, indicado pelo teste de tendências paralelas prévias. Desta forma, conclui-se, que não foi possível verificar a influência do PSR sobre a produtividade e eficiência da agricultura no Brasil em nível municipal.

Por fim, no terceiro ensaio é avaliado o impacto do PSR sobre as infrações ambientais. Para atingir o objetivo, utilizou-se a abordagem empírica de inferência causal de Séries Temporais Estruturais Bayesianas (BSTS), cobrindo o horizonte temporal de 1996 a 2018. Os resultados encontrados apontam que o programa contribuiu para redução das infrações ambientais relacionadas à atividade agropecuária, insumos agrícolas e recursos hídricos. Por outro lado, há indícios que o programa contribuiu para um aumento nas infrações de desmatamento e queimadas.

Diante do exposto, acredita-se que os ensaios contribuam para uma maior compreensão dos impactos gerados pelo Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), fornecendo insumos importantes para que os formuladores do PSR, possam traçar as melhores

estratégias para aperfeiçoamento do programa, olhando não somente para a estabilidade de renda do empreendimento agropecuário e fomento à modernização, mas, também, para as questões ambientais.

2 O IMPACTO DO PROGRAMA DE SUBVENÇÃO AO PRÊMIO DO SEGURO RURAL SOBRE O VALOR E DIVERSIDADE DA PRODUÇÃO DOS AGRICULTORES FAMILIARES

Resumo

O objetivo deste estudo é avaliar o impacto do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) sobre o valor bruto da produção e a diversidade da produção dos agricultores familiares. Para atingir o objetivo, utilizou-se a estratégia empírica de Diferença-em-Diferenças combinada com a técnica de Balanceamento por Entropia, para um conjunto de dados em nível de Unidades Familiares de Produção Agrária (UFPA), obtidos das Declarações de Aptidão ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (DAP), para o período de 2007 a 2017. Os resultados encontrados indicam que o PSR contribuiu para o aumento do valor bruto da produção, sem observar impactos sobre a diversidade produtiva dos agricultores familiares.

Palavras-chave: Renda Agrícola, Seguro Rural, Agricultura Familiar, Diferença-em-Diferenças.

JEL Classificação: Q18, G22, Q13, C52.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the impact of the Rural Insurance Award Grant Program (PSR) on income and diversification of family farmers' production. To achieve the objective, we used the empirical strategy of Difference-in-Differences combined with the Entropy Balancing technique, for a data set at the level of Family Units of Agrarian Production (UFPA), obtained from the Declarations of Aptitude to the National Program for the Strengthening of Family Farming (DAP), for the period from 2007 to 2017. The results indicate that the PSR contributed to increase the gross value of production, without influencing the productive diversity of family farmers.

Keywords: Agricultural Income, Rural Insurance, Family Farming, Difference-in-Differences.

JEL Classification: Q18, G22, Q13, C52.

2.1 Introdução

Em menos de quatro décadas, o Brasil passou da condição de importador de alimentos para se tornar um dos maiores exportadores do mundo (EMBRAPA, 2018). Em 2020, o PIB do agronegócio atingiu a participação de 26,6% no PIB Total, o que em termos monetários equivale a quase R\$ 2 trilhões. Olhando somente para o segmento primário (Agricultura/Floresta e Pecuária/Pesca) observou-se um crescimento acumulado de 56,5%, estimulado principalmente pela base agrícola e pecuária (CNA BRASIL, 2021).

Os bons resultados obtidos pela agricultura são frutos de anos de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias que contribuem para grande parte desse aumento de produtividade. Contudo, ainda é possível observar uma grande desigualdade de renda e produtividade no campo, que tem sido atribuída principalmente ao fato das pequenas propriedades de agricultores familiares não terem acompanhado as tecnologias desenvolvidas nas últimas décadas (ALVES *et al.*, 2012; EMBRAPA, 2018).

As desigualdades observadas são preocupantes, visto que o Censo Agropecuário de 2017 aponta que há cerca de 3,9 milhões de estabelecimentos classificados como sendo de agricultura familiar, segundo os critérios estabelecidos pela Lei Nº 11.326 de 2006. Além disso, as estatísticas indicam que em 2017 a agricultura familiar gerou cerca de 10,1 milhões de postos de trabalhos, utilizando uma área de aproximadamente 81 milhões de hectares, que representa 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários do Brasil (IBGE, 2019).

Ademais, previsões apontam que as questões ambientais, climáticas e sanitárias poderão elevar ainda mais os riscos na agricultura, havendo uma necessidade progressiva de otimização e aperfeiçoamento da produção (EMBRAPA, 2018; MACHADO FILHO *et al.*, 2016). No contexto da agricultura familiar, as vulnerabilidades são ainda maiores, visto que, boa parte ou totalidade do capital disponível das unidades de produção familiar, está investido na produção (ELLIS, 1998). Diante dessa realidade, os produtores muitas vezes buscam minimizar os riscos associados à produção por meio da diversificação dos produtos, o que também contribui significativamente para a segurança alimentar com o cultivo de subsistência (COELLI; FLEMING, 2004; NIEHOF, 2004; DI FALCO; CHAVAS, 2009).

Nesse contexto, o seguro rural pode ser um importante aliado do produtor familiar, proporcionando estabilidade da renda e induzindo a utilização de tecnologias mais adequadas e modernizando a gestão do empreendimento agropecuário. Atualmente, o Brasil conta com três programas voltados à segurança da atividade agropecuária focalizada nos agricultores familiares: o Seguro da Agricultura Familiar (SEAF) que funciona como um programa de

seguro compulsório, destinado aos agricultores familiares que tomam financiamentos de custeio agrícola, no âmbito do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF); o programa Garantia-Safra (GS), voltado aos agricultores familiares de baixa renda das regiões Nordeste e do Norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, que historicamente estão sujeitos à perda de safra, por razões de estiagem ou excesso hídrico e o Programa de Garantia de Preços da Agricultura Familiar (PGPAF) que oferece um desconto no pagamento dos financiamentos de custeio ou investimento do PRONAF, considerando a diferença entre o preço de mercado e o preço de garantia do produto (MDA/SAF/PRONAF, 2017).

Em uma perspectiva mais ampla, o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) oferece ao produtor rural uma subvenção de parte do valor do prêmio do seguro na contratação da apólice. Apesar do PSR não ser um seguro voltado especificamente para agricultura familiar, em junho de 2020 foi aprovado o projeto-piloto de subvenção ao prêmio do seguro rural para operações enquadradas no PRONAF, com objetivo de promover a utilização do seguro rural entre os agricultores familiares (BRASIL, 2020).

No entanto, convém observar que estudos apontam que o seguro rural reduz os riscos de cultivo das culturas cobertas em relação a outras culturas, isso por sua vez, tem o potencial de afetar as escolhas de cultivos, influenciando o uso da terra e de insumos (CLAASSEN; LANGPAP; WU, 2017; GOODWIN; SMITH, 2013; GOODWIN; VANDEVEER; DEAL, 2004; WALTERS *et al.*, 2012; YOUNG; VANDEVEER; SCHNEPF, 2001). Sob a ótica da renda, ainda não há consenso sobre os impactos dos programas de seguro rural, nesse sentido, o estudo realizado pelo Ministério da Fazenda em 2018, revelou que o PSR gerou estabilidade na renda dos agricultores nos anos de 2006, 2009 e 2014, por outro lado, o programa pode até mesmo, ter gerado instabilidade em outros anos. (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2018).

Diante dessas considerações, o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), apresenta o potencial de influenciar a renda e a diversidade da produção dos agricultores familiares, trazendo consequências para a sustentabilidade ambiental e segurança alimentar.

Dentro dessa perspectiva, o presente estudo tem como objetivo avaliar empiricamente os impactos do PSR sobre o valor bruto da produção e a diversidade da produção dos agricultores familiares. Para tanto, utilizou-se a base de dados das Declarações de aptidão ao PRONAF (DAP) disponibilizada ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) pela Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo (SAF) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), em conjunto com os dados do Sistema de Subvenção Econômica ao Prêmio do Seguro Rural (SISSER).

Devido ao caráter não experimental do PSR, foi adotada a estratégia empírica de Diferença-em-Diferenças (DiD) utilizando o estimador proposto por Sun; Abraham (2021), combinado com a técnica de balanceamento por entropia, em uma avaliação de impacto para o período de 2007 a 2017. Os resultados encontrados apontam que o PSR contribuiu para um aumento no valor bruto da produção, sem influenciar a diversidade produtiva das unidades familiares agrícolas.

O estudo está organizado da seguinte forma. Na seção 2.2 é feita a contextualização da agricultura familiar e a experiência do seguro rural no Brasil. Ademais, são apresentados os estudos empíricos sobre os impactos dos programas de subvenção do seguro rural sobre a renda. Na seção 2.3 são apresentados os dados e as fontes utilizadas. Já na seção 2.4 é exposta a estratégia empírica. Na seção 2.5 são apresentados e discutidos os resultados encontrados e, por fim, na seção 2.6 são feitas as considerações finais.

2.2 Contextualização

2.2.1 Agricultura Familiar e Diversidade da Produção

A agricultura de base familiar teve como seu marco mais importante no Brasil a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), que atualmente constitui-se como a principal política governamental voltada à agricultura familiar. Em sua criação pela Resolução Bacen 2.191/1995, o PRONAF operava com objetivo de democratizar o acesso ao crédito rural para os agricultores familiares (SILVA; BERNARDES, 2014). Posteriormente, o PRONAF foi instituído por Decreto Presidencial “Com a finalidade de promover o desenvolvimento sustentável do segmento rural constituído pelos agricultores familiares, de modo a propiciar-lhes o aumento da capacidade produtiva, a geração de empregos e a melhoria de renda” (DECRETO PRESIDENCIAL Nº1.946/1996).

Atualmente, a agricultura familiar é uma atividade econômica prevista pela Lei Nº 11.326/2006, que define o agricultor familiar e empreendedor familiar rural, aquele que desenvolve atividades no meio rural e que possui área de até quatro módulos fiscais¹, mão-de-obra da própria família, percentual mínimo de renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento e gerenciamento do empreendimento pela base familiar.

¹ O módulo fiscal é uma unidade de medida fixado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) que pode variar de 5 a 110 hectares, conforme o tipo de exploração predominante no município e renda obtida.

Para que o agricultor familiar tenha acesso as linhas de crédito do PRONAF, e ao conjunto de políticas públicas voltadas a agricultura familiar², é necessário ter a Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP), um documento que funciona como identificação das Unidades Familiares de Produção Agrária (UFPA), contendo informações pessoais dos agricultores familiares, dados territoriais e produtivos do imóvel rural e da renda. Tem direito a DAP agricultores familiares, assentados da reforma agrária, beneficiários do Programa Nacional de Crédito Fundiário, quilombolas, indígenas, artesões, trabalhadores do turismo rural, pescadores artesanais, aquicultores, maricultores, piscicultores, silvicultores e extrativistas. Convém observar, que cada unidade familiar agrária possui apenas uma única DAP válida contendo até dois titulares responsáveis. Além disso, a DAP possui um período de validade a partir da data em que foi gerada, podendo ser renovada ao fim deste período (BRASIL, 2019).

A agricultura de base familiar no Brasil tem papel importante na produção de alimentos, geração de empregos e renda no meio rural. Dados do censo agropecuário de 2017, indicam que a agricultura familiar gerou cerca de 10,1 milhões de postos de trabalhos, e representa 67% da mão-de-obra da agropecuária do país, abrangendo 4,6 milhões de estabelecimentos que poderiam ser enquadrados como sendo de agricultura familiar, o que representa aproximadamente 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários do Brasil (IBGE, 2019).

Apesar dos relevantes números da agricultura familiar, os agricultores ainda possuem baixo nível de escolaridade, cerca de 15% nunca frequentaram a escola e 73% frequentaram somente o ensino fundamental, sendo que apenas 6,5% completaram o curso (IBGE, 2019). O baixo nível de capital humano dificulta a modernização do ponto de vista tecnológico e, também, administrativo, acentuando as desigualdades entre as unidades de exploração agropecuária (CARLOS VINÍCIUS SANTOS; TITO BELCHIOR SILVA; G. H. M., 2017).

Nesse contexto, programas como o PSR, podem ser importantes aliados dos produtores familiares, uma vez que, seus beneficiários contam com as orientações do programa de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), um importante instrumento da política agrícola de gestão de riscos, que consiste em um estudo agrometeorológico que delimita regiões de produção, identificando a melhor época de plantio das culturas, nos diferentes tipos de solo,

² Programas do Governo Federal: Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), Seguro da Agricultura Familiar (SEAF), Garantia-Safra, Programa de Garantia de Preços Mínimos (PGPM), Programa de Garantia de Preços da Agricultura Familiar (PGPAF), Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), Programa Nacional de Proteção e uso do Biodiesel (PNPB), Beneficiário Especial da Previdência Social, Aposentadoria Rural (Funrural), Auxílio Emergencial Financeiro, Programa Minha Casa Minha Vida Rural, Plano Brasil Sem Miséria – Rota da Inclusão Produtiva Rural, Cotas em Escolas Profissionalizantes (IFs), Pronatec Campo.

auxiliando produtores rurais a minimizar os riscos relacionados a fenômenos climáticos adversos (MAPA, 2022a).

Se por um lado o seguro rural, possui o potencial de minimizar os riscos inerentes a produção agropecuária, por outro, há uma preocupação recorrente, que as subvenções e coberturas de certos produtos altere a estrutura de incentivos por determinados cultivos, influenciando o uso da terra e dos insumos (CLAASSEN; LANGPAP; WU, 2017; GOODWIN; SMITH, 2013; GOODWIN; VANDEVEER; DEAL, 2004; WALTERS *et al.*, 2012; YOUNG; VANDEVEER; SCHNEPF, 2001). Ademais, se as culturas com subvenções do prêmio do seguro mais elevadas, apresentar maiores impactos ambientais decorrentes de sua produção, o seguro rural pode gerar externalidades negativas ao meio ambiente, por outro lado, o inverso também é verdadeiro (GOODWIN; VANDEVEER; DEAL, 2004).

Neste contexto, uma das características marcantes da agricultura familiar consiste na diversidade da produção, que está associado a um padrão de produção mais sustentável do uso dos recursos naturais (FRANÇA *et al.*, 2009). Além disso, a diversificação da produção reflete diretamente na Segurança Alimentar e Nutricional (SAN), por meio da produção de subsistência e, também, serve como uma espécie de seguro capaz de minimizar os riscos associados à produção (COELLI; FLEMING, 2004; NIEHOF, 2004; DI FALCO; CHAVAS, 2009). Diante destas considerações, é de suma importância compreender os impactos do programa de subvenção ao seguro rural, sobre a diversidade produtiva da agricultura familiar.

2.2.2 Seguro Rural e Agricultura Familiar

Dentre as políticas públicas do governo federal focalizadas na agricultura familiar, existem três programas voltados a segurança da atividade agropecuária: o Seguro da Agricultura Familiar (SEAF), Programa Garantia-Safra (GS) e o Programa de Garantia de Preços para a Agricultura Familiar (PGPAF). O Seguro da Agricultura Familiar (SEAF) foi instituído no âmbito do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO), regido pela Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Denominado também, de Proagro-Mais, o PGPAF consiste em um seguro compulsório para os agricultores familiares que tomam crédito de custeio do PRONAF, e voluntário para aqueles que tomam crédito de investimento. O SEAF tem como objetivos: evitar renegociações, ampliar o acesso ao crédito rural e estimular a utilização de novas tecnologias, fornecendo proteção multirrisco contra eventos climáticos e biológicos (BIANCHINI, 2015).

O SEAF abrange todo o território nacional e cobre mais de 150 culturas, suas taxas de prêmios do seguro são chamadas de (adicional) e variam de 2% a 3% do valor segurado garantindo um retorno de até 80% da receita bruta esperada. Contudo, os agricultores podem obter a cobertura do custeio de uma mesma cultura apenas três vezes em um período de 60 meses. Já o seguro do crédito de investimento, garante até 100% da prestação do investimento, porém, limitado a um valor de R\$ 5 mil. Ademais, a soma dos valores de investimento e custeio não pode ultrapassar 95% da receita bruta esperada do empreendimento (RUIZ-CÁRDENAS, 2015).

Quanto ao Programa Garantia-Safra, este foi instituído pela Lei nº 10.420, de 10 de abril de 2002 e é uma ação integrada ao PRONAF, que está vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), funcionando como um auxílio pecuniário por tempo determinado que beneficia os agricultores familiares da região nordeste e norte do estado de Minas Gerais e Espírito Santo, território majoritariamente semiárido, que sofre perdas sistemáticas de safras em razão do fenômeno da estiagem ou do excesso hídrico (MDA/SAF/PRONAF, 2017).

Têm direito a receber o Garantia-Safra (GS) os agricultores familiares com DAP ativa que possuam renda mensal de até 1,5 salários-mínimos e plantações de entre 0,6 e 5 hectares de feijão, milho, arroz, algodão e/ou mandioca, que tenha sido comprovada perda anual de pelo menos 50% da produção agrícola. O benefício do programa é pago em cinco parcelas por meio de cartões eletrônicos (Cartão Cidadão ou Cartão Bolsa Família) disponibilizados pela Caixa Econômica Federal, conforme o Número de Identificação Social (NIS) (BRASIL, 2020).

Já o Programa de Garantia de Preços para a Agricultura Familiar (PGPAF), foi instituído pelo Decreto Nº 5.996 de 20 de dezembro de 2006. Seu funcionamento consiste em um desconto no pagamento de financiamentos de crédito de custeio e investimento, para famílias que acessam o PRONAF, e que trabalhem com determinados cultivos. O desconto chamado de bônus é calculado pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).

Cabe destacar, que os programas supracitados, não se enquadram tecnicamente como seguros agrícolas, e sim políticas públicas vinculada ao crédito rural e auxílio pecuniário. Contudo, estes programas representam os principais instrumentos de garantia do Governo Federal voltado a agricultura familiar no Brasil.

2.2.3 Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR)

O Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) foi criado pela Lei nº 10.823 de 2003, e instituído pelo Decreto nº 5.121 de 2004, mas suas operações tiveram início somente no ano de 2006. O PSR está a cargo do MAPA e tem como diretrizes: a universalização do acesso ao seguro rural como instrumento capaz de manter a estabilidade da renda do empreendimento agropecuário e o fomento à modernização, com a utilização de tecnologias adequadas³. O programa consiste em subsidiar partes dos custos financeiros da contratação do seguro rural e tem como público-alvo os produtores rurais, sendo pessoa física ou pessoa jurídica, que cultive ou produza espécies cobertas pelo programa (CNA, 2020; SANTOS; SILVA, 2017).

As culturas e os percentuais subvencionados são estabelecidos no Plano Trienal do Seguro Rural (PTSR) pelo Comitê Gestor Interministerial do Seguro Rural (CGSR), responsável por gerir o programa, implementando ajustes com objetivos de conferir uma maior efetividade ao PSR. Os pedidos de subvenção são enviados pelas seguradoras ao MAPA, que fica encarregado de analisar a proposta sujeito aos critérios de limites de recursos disponíveis para a cultura produzida, regularidade no Cadastro Informativo de Créditos Não Quitados do Setor Público Federal (CADIN) e as orientações sobre as janelas ideais de plantio e semeadura estabelecidos pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Se o pedido de subvenção se enquadrar nos critérios, o MAPA efetua o pagamento diretamente à seguradora e fica responsável pela fiscalização das lavouras cobertas, garantindo as condições estabelecidas pelo programa (CNA, 2020; SANTOS; SILVA, 2017).

É importante destacar que os percentuais subvencionados dependem da modalidade (agrícola, pecuária ou florestal), do tipo de seguro contratado (Seguro de Custeio, Produtividade ou Receita), e da forma de contratação das coberturas (seguros multirriscos ou riscos nomeados), observando os limites máximos subvencionados ao ano⁴. Além disso, o produtor pode receber subvenções para mais de uma modalidade, desde que a soma dos benefícios não ultrapasse os limites de subvenção determinados. Entretanto, o produtor não pode subvencionar uma mesma lavoura a qual tenha operação de crédito enquadrada no Proagro, porém, nada

³ Para mais detalhes, é possível acessar toda legislação específica sobre o programa em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/legislacao>

⁴ De acordo com Plano Trienal do Seguro Rural de 2019-2021, os percentuais de subvenção variam entre 20% e 40%, respeitando os valores máximos subvencionados anualmente para a modalidade agrícola de R\$ 48.000,00 e de R\$ 24.000,00 para as modalidades pecuária, aquícola e florestal (CNA, 2020).

impede que as subvenções federais possam ser complementadas por subvenções concedidas por programas das esferas estaduais e municipais⁵ (CNA, 2020; SANTOS; SILVA, 2017).

No contexto da agricultura familiar, pela Resolução Nº 75 de 22 de junho de 2020, foi aprovado o projeto-piloto de subvenção ao prêmio do seguro rural para operações enquadradas no PRONAF. Este projeto tem como objetivo promover a contratação do seguro rural para os produtores familiares que tomaram crédito de custeio agrícola no Proagro-Mais. Atualmente, o projeto piloto está em seu segundo ano. O orçamento destinado ao projeto-piloto foi de R\$ 50 milhões, sendo R\$ 25 milhões para produtores de soja, R\$ 20 milhões para produtores de milho primeira safra e R\$ 5 milhões para os produtores de banana, maçã e uva. A diferença do PSR padrão para o projeto-piloto está na subvenção que para agricultura familiar é de 60% para todo o país. (BRASIL, 2021; BRASIL, 2022; DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2020, 2021).

Quanto a estudos de avaliação de impacto do PSR sobre a renda agropecuária, foi encontrado apenas um, realizado pelo então Ministério da Fazenda em 2018, utilizando a estratégia empírica de diferença-em-diferenças, que apontou que o PSR gerou estabilidade na renda para os anos de 2006, 2009 e 2014. Por outro lado, o mesmo não foi observado para os anos de 2008, 2011 e 2012 quando o programa pode até mesmo ter gerado instabilidade na renda. Ademais, o estudo indica que o PSR foi mais eficaz para os estados do Rio Grande do Sul e Paraná, indicando que a eficácia do programa não foi uniforme ao longo dos anos, apresentando efeitos heterogêneos entre os estados analisados (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2018).

Com relação a estudos internacionais, que investigam a relação entre seguro rural e a renda dos agricultores, não há consenso sobre o argumento de que o seguro rural contribui para o aumento da renda, contudo, diversos são os estudos que encontram um impacto positivo de programas de seguro rural sobre a renda dos agricultores, ver por exemplo: AGBENYO; JIANG; NTIM-AMO, 2022; AUSTIN, 2011; LIANG; LIANG; DONG, 2008; MOTE et al., 2017; NAHVI et al., 2014; SUN; CHEN, 2011; VARADAN; KUMAR, 2012; YANUARTI; AJI; RONDHI, 2019; ZHAO et al., 2016. Destaca-se aqui o estudo de Li; Wang, (2022), que investigam o impacto do programa de subsídios ao seguro rural, utilizando um painel de 31 províncias na China, para o período de 2007 a 2019. Os resultados encontrados indicam que o seguro rural promoveu o aumento da renda de todos os agricultores, contudo, o aumento torna-se mais acentuado com o aumento do nível de renda dos agricultores. Os autores argumentam

⁵ Na esfera estadual, São Paulo e Paraná contam com programas próprios de subvenção ao seguro rural. Já na esfera municipal, Louveira/SP, Itatiba/SP, Itupeva/SP, Mogi das Cruzes/SP e Jundiaí/SP contam iniciativas semelhantes, que possibilitam complementar a subvenção Federal (MAPA, 2022b).

que os agricultores de baixa renda, embora tenham interesse em evitar riscos esbarram em sua capacidade financeira. Por outro lado, agricultores de alta renda, conseguem segurar uma maior proporção da produção, e por consequência experimentam aumentos mais expressivos sobre a renda.

2.3 Dados

Para realização deste estudo, serão utilizadas as informações em nível de Unidades Familiares de Produção Agrária (UFPA) extraídas da Declaração de Aptidão ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (DAP) concedidas pelo Ministério da Cidadania e pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) ao Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA) de forma restrita. O conjunto de dados contém informações dos agricultores familiares, pertinentes a renda e composição das unidades familiares, idade, local de moradia, estado civil, níveis de escolaridade, informações sobre as características das propriedades rurais e força de trabalho empregada na produção para o período de 2007 a 2017, que serão complementadas com dados em nível municipal.

Quanto às variáveis dependentes utilizadas nas estimações, temos o valor bruto da produção, calculado com base nos produtos segurados no PSR⁶ e o índice de diversidade da produção, construído a partir do índice de Shannon, dado pela seguinte expressão:

$$H = - \sum (w_i * \log (w_i)) \quad (1)$$

onde: $w_i = (v_i/VT)$, sendo que v_i representa o valor da produção do produto i , e VT representa valor total da produção. Para manter o índice nos domínios de 0 a 1 foi aplicado uma escala de normalização *Min-Max*. Desta forma, 0 representa a menor diversidade e 1 a maior diversidade da produção.

Como covariáveis, além das características dos titulares da DAP e informações sobre a propriedade rural, também utilizaremos controles em nível municipal do montante de recursos aplicados em outros programas governamentais de crédito rural (valores de custeio, investimento e comercialização) extraídos da Matriz de Dados do Crédito Rural (MCDR) do Banco Central do Brasil; Valor Adicionado Bruto coletados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); informações de desastres naturais coletados do Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres Naturais (S2iD); dados meteorológicos obtidos do Instituto

⁶ Foram utilizados somente as culturas subvencionadas pelo programa. Ver mais em: [Atlas do Seguro Rural](#).

Nacional de Meteorologia (INMET)⁷, dados de frota de veículos do Ministério da Infraestrutura (MI); informações sobre a Arrecadação do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) da Receita Federal e, por fim, foram utilizadas informações sobre a profissão/ocupação dos prefeitos eleitos, obtidos do Tribunal Superior Eleitoral (TSE). Na tabela 2-1 apresentamos as variáveis utilizadas e suas respectivas fontes.

Tabela 2-1: Descrição das principais variáveis utilizadas e suas respectivas fontes

Legenda	Descrição	Fonte
<i>background familiar</i>		
Sexo	<i>Dummy</i> de sexo dos titulares da DAP	DAP
Idade	Idade do primeiro titular da DAP.	DAP
Estado civil	<i>Dummy</i> de estado civil do primeiro titular da DAP.	DAP
Educação	Dummies de educação do primeiro DAP (Analfabeto, Ensino Fundamental Completo, Ensino Médio Completo, Ensino Técnico Completo, Ensino Superior Completo).	DAP
Membros da Família	Número total de membros da família.	DAP
NIS	<i>Dummy</i> indicando se os titulares da DAP possuem Número de identificação Social (NIS) ⁸ .	DAP
PAA	<i>Dummy</i> indicando se os titulares da DAP participam do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA)	DAP
Crédito	<i>Dummy</i> indicando se os titulares da DAP já tomaram crédito de custeio no PRONAF.	DAP
Valor Bruto da produção	Rendimento bruto obtido dos produtos segurados.	DAP
Valor Bruto da produção outros produtos	Rendimento bruto obtido dos produtos não subvencionados no PSR.	DAP
Rendas Sociais	Rendas oriundas de outros programas sociais ou previdência.	DAP
<i>Propriedade Rural e Mão-de-Obra</i>		
Área Estabelecimento	Área do estabelecimento principal.	DAP
Imóveis Explorados	Quantidade de imóveis explorados.	DAP
Empregados Permanentes	Quantidade de empregados permanentes.	DAP
Diversidade da Produção	Diversidade da Produção.	DAP
Força Eventual	Força de trabalho eventual não familiar em dias homens.	DAP
<i>Controles Municipais</i>		
Variáveis Meteorológicas	Variáveis meteorológicas: Precipitação anual total; temperatura média; umidade do ar mínima e velocidade do vento máximo.	INMET
Desastres naturais	Desastres naturais (danos informados) de todos os tipos de desastres.	S2iD
Crédito Rural	Recursos monetários concedidos por outros programas ⁹ do governo federal, para custeio, investimento e comercialização.	BCB
Caminhões	Frota municipal de caminhões	MI
Tratores	Frota municipal de tratores	MI

⁷ Foram interpolados espacialmente dados de 919 estações meteorológicas automáticas e convencionais, utilizando um interpolador determinístico univariado, baseado no inverso do quadrado da distância ponderada, para obter as estimativas de precipitação de chuvas, temperatura, umidade do ar e velocidade do vento para cada município brasileiro.

⁸ O NIS é um documento necessário para acessar um conjunto de políticas públicas e programas sociais voltado as famílias de baixa renda que residem no território brasileiro. Ver mais em [Ministério da Cidadania](#).

⁹ Programas do governo: ABC; FNO-ABC; FUNCAFÉ; INOVAGRO; MODERAGRO; MODERFROTA; MODERINFRA; MODERMAQ; PCA; PRI; PRLC-BA; PROAQUICULTURA; PROCAP-AGRO; PROCAP-CRED; PROCERA; PRODECER III; PRODECOOP; PRONAF; PRONAMP; PRORENOVA-INDUSTRIAL; PRORENOVA-RURAL; PSI-RURAL; Linha de crédito rural instituída com recursos de Fundos; Financiamento sem vínculo a programas específicos e outras linhas de crédito rural não especificadas.

Participação Agro	Participação do agronegócio no Valor Adicionando Bruto Total (VAB Agropecuário / VAB Total).	IBGE
ITR	Arrecadação do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR)	SRFB
Prefeito Agro	<i>Dummy</i> indicando se a profissão do Prefeito do município tem ligação com atividade agropecuária.	TSE

Fonte: Elaborados pelos autores. Notas: Todas as variáveis em unidades monetárias foram deflacionadas pelo IPCA para valores constantes de dezembro de 2017.

Cabe destacar, que apesar do PSR ter iniciado suas operações em meados de 2006, nossa amostra contempla somente o período de 2007 a 2017, devido a disponibilidade das informações.

2.3.1 Análise dos dados

Observando na tabela 2-2 o total de Unidades Familiares de Produção Agrária (UFPA) subvencionadas e não subvencionadas no PSR, é possível notar que as regiões Sul e Sudeste concentram o maior número de UFPAs subvencionadas. É importante destacar, que a frequência de aparição de cada UFPA na amostra, só se dá quando os agricultores realizam o cadastro ou atualizam a DAP. Ademais, os dados utilizados para as estimações não contemplam o total de agricultores familiares com DAP e segurados no PSR, sendo uma amostra resultante de um processo de remoção de valores ausentes e inconsistentes, mantendo apenas as UFPAs que aparecem em pelo menos dois períodos distintos no horizonte de tempo de 2007 a 2017.

Tabela 2-2: Total de UFPAs tratadas e controles por regiões e ano

	<u>Sul</u>		<u>Sudeste</u>		<u>Centro-Oeste</u>		<u>Nordeste</u>		<u>Norte</u>		<u>Brasil</u>	
Ano	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
2007	22.445	167	14.879	1	32	0	186.337	0	787	0	224.480	168
2008	40.451	520	23.585	160	797	9	182.623	0	717	0	248.173	689
2009	69.138	1.473	49.085	311	2.161	50	333.163	0	10.888	2	464.435	1.836
2010	47.942	910	46.182	115	2.776	72	426.010	1	8.323	1	531.233	1.099
2011	41.245	924	36.657	106	2.394	45	245.582	0	8.754	2	334.632	1.077
2012	31.898	621	28.665	85	1.983	33	286.415	1	9.871	0	358.832	740
2013	41.653	1.387	41.703	170	3.106	69	255.755	0	10.370	2	352.587	1.628
2014	40.227	1.961	35.356	310	2.679	53	198.733	39	9.068	5	286.063	2.368
2015	38.385	958	27.562	115	1.757	11	158.414	0	5.256	0	231.374	1.084
2016	52.033	2.608	39.490	171	2.316	75	213.164	6	6.651	1	313.654	2.861
2017	62.502	2.818	52.147	302	3.166	57	302.311	0	9.669	0	429.795	3.177
Total	487.919	14.347	395.311	1.846	23.167	474	2.788.507	47	80.354	13	3.775.258	16.727

Fonte: Elaborados pelos autores. Notas: C indica as UFPAs do grupo de controle e T de Tratamento.

Em resumo, na tabela 2-2, nota-se que apesar da região Nordeste apresentar o maior quantitativo de UFPAs com DAP, são poucas as unidades familiares agrícolas que participaram do PSR, o que era esperado, uma vez que o programa está concentrado nas regiões Sul e Sudeste do país, conforme apontam (LAVORATO; BRAGA, 2018; LOYOLA; MOREIRA; PEREIRA, 2016; OZAKI, 2013; SANTOS; SILVA, 2017; SILVA; BERNARDES, 2014). Diante desta realidade, neste estudo serão utilizadas somente as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste do Brasil, devido ao baixo número de agricultores familiares segurados no PSR nas regiões Norte e Nordeste.

No contexto das culturas com maior demanda por subvenção do seguro rural entre os agricultores familiares com DAP temos: uva (32,35%); soja (27,6%), milho 2ª safra (10,43%); trigo (7,38%); maçã (4,09%); arroz (3,77%), cebola (2,79%); pêssego (2,69%); milho primeira safra (2,05%); tomate (1,65%) sendo que essas culturas juntas representam 94,8% de todas as culturas subvencionadas pelas UFPAs.

Por fim, cabe destacar que o grupo de controle é formado por unidades familiares agrárias que podem ter acessado menos um dos programas ofertados pelo PRONAF, implicando que não temos informações de agricultores familiares sem Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP). Ademais, uma limitação importante é que não foi possível identificar os agricultores que tiveram acesso aos programas SEAF, Garantia Safra ou PGPAF devido à falta de informação.

2.4 Metodologia

2.4.1 Estratégia Empírica

Devido ao caráter não experimental do PSR, para avaliar seu impacto sobre o valor bruto da produção e diversidade produtiva das unidades familiares de produção agrária (UFPA), será utilizada a estratégia empírica de Diferença-em-Diferenças (DiD), dado que, a simples comparação entre UFPAs participantes do PSR e UFPAs não participantes poderia estar sujeito à viés de seleção. A abordagem DiD é uma das técnicas mais utilizadas para avaliar os efeitos causais de políticas e programas (ROTH et al., 2022).

Publicações recentes sobre DiD, demonstraram que o estimador de painel com efeitos fixos bidirecionais (TWFE) comumente utilizado para as estimações, produz estimativas inconsistentes nas especificações com múltiplos períodos de tempo, quando há heterogeneidade

nos efeitos do tratamento e heterogeneidade de tempo do tratamento. No DID-TWFE (Estático) a heterogeneidade do tratamento, pode levar a estimações de coeficientes com sinal oposto ao verdadeiro efeito, em consequência de comparações problemáticas provenientes de reversões do status do tratamento ao longo do tempo, (BORUSYAK; JARAVEL, 2018; CALLAWAY; SANT'ANNA, 2021; DE CHAISEMARTIN; D'HAULTFÈUILLE, 2020b; GOODMAN-BACON, 2021; ROTH et al., 2022; SANT'ANNA; ZHAO, 2020).

No contexto do DID-TWFE (Dinâmico), quando se utiliza *leads* e *lags* do tratamento, os coeficientes também são tendenciosos na presença de heterogeneidade do tratamento e tempo do tratamento, devido a contaminação de *leads* e *lags* de outros períodos e, também, a reversões do status do tratamento (BORUSYAK; JARAVEL, 2018; SUN; ABRAHAM, 2021). Em consequência disso, os usuais testes de tendências paralelas pré-tratamento, também, podem gerar resultados enganosos, levando a erros do tipo I e II (SUN; ABRAHAM, 2021).

Diante destas considerações, diversos estudos recentes propuseram estimadores DiD alternativos robustos a heterogeneidades do tratamento, ver (CALLAWAY; SANT'ANNA, 2021; DE CHAISEMARTIN; D'HAULTFÈUILLE, 2020; GARDNER, 2021; GOODMAN-BACON, 2021; SUN; ABRAHAM, 2021). Para este estudo será utilizado o estimador alternativo proposto por Sun; Abraham, (2021)¹⁰, denominado *Interaction-Weighted* (IW) que se concentra na especificação dinâmica de estudos de eventos, obtendo o *Average Treatment Effect on the Treated* (ATT), por meio da agregação dos coeficientes das coortes em períodos relativos, chamado de *Cohort Average Treatment Effects on the Treated* (CATT).

O IW apresenta resultados imparciais e robustos na presença de heterogeneidade do tratamento, o que é esperado neste caso, já que, a variável indicadora do status do tratamento é binária e reflete as diferentes características das apólices de seguro subvencionadas pelo programa. Ademais, o IW é robusto a heterogeneidade no tempo de exposição ao tratamento, o que é adequado a este estudo, visto que as UFPA's entram no programa em anos diferentes e permanecem tratadas por períodos diferentes. Cabe destacar que no estimador de Sun e Abraham, o pressuposto de tendências paralelas é incondicional às covariáveis e que na ausência de um grupo de controle nunca tratado, serão utilizadas as últimas coortes a serem tratadas.

¹⁰ O estimador de Sun; Abraham, (2021) foi escolhido devido a limitação de poder computacional. Sua implementação é realizada por meio do *package fixest* do *software R*, atualmente o pacote estatístico mais otimizado para grande volume de dados. Ver mais em Bergé, (2018).

Formalmente, podemos representar o estimador IW proposto por Sun e Abraham da seguinte forma, onde a equação (1) representa a especificação estática e (2) a especificação dinâmica.

$$Y_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \mu_g \sum_{l \geq 0} \text{PSR}_{it}^l + v_{it} \quad (1)$$

$$Y_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \sum_{l=-K}^{-2} \mu_l \cdot \text{PSR}_{it} + \sum_{l=0}^L \mu_l \cdot \text{PSR}_{it} + v_{it} \quad (2)$$

onde Y_{it} representa a variável de interesse da UFPA i no período t ; α_i indica o efeito fixo de UFPA e λ_t o efeito fixo de tempo-calendário. Já μ_g representa os coeficientes relativos da regressão populacional, onde PSR_{it}^l é a variável binária indicadora do status do tratamento da UFPA i , estar a l períodos do tratamento inicial no tempo-calendário t ; e v_{it} que representa o termo de erro da regressão. A especificação dinâmica, contendo os *lags* $\sum_{l=-K}^{-2} \mu_l \cdot \text{PSR}_{it}$ e *leads* $\sum_{l=0}^L \mu_l \cdot \text{PSR}_{it}$, permite que os efeitos do tratamento possam variar ao longo do tempo de forma não-paramétrica. Contudo, para evitar a multicolinearidade advindas dos indicadores de períodos relativos e da relação linear entre os efeitos fixos bidirecionais, é necessária a exclusão de pelo menos dois períodos relativos.¹¹

Para minimizar as diferenças nas características observáveis dos grupos de controle e tratamento, será combinada a abordagem de Diferença-em-Diferenças com a técnica de Balanceamento por Entropia (EB) desenvolvida por Hainmueller, (2012), de forma a obter uma amostra mais equilibrada. O Balanceamento por Entropia irá gerar um vetor de pesos (w_i) para o grupo de controle capaz de equalizar as características observáveis com o grupo de tratamento. Esses pesos são gerados de forma não-paramétrica utilizando um processo iterativo de modo que a amostra de controle ponderada atenda às condições de equilíbrio especificada. Os pesos são obtidos pela seguinte expressão:

$$\min_{w_i} H(w) = \sum_{\{i|D=0\}} h(w_i) \quad (3)$$

sujeito a restrições de equilíbrio e normalização

$$\sum_{\{i|D=0\}} w_i C_{ri}(X_i) = m_r \quad \text{com } r \in 1, \dots, R \text{ e} \quad (4)$$

¹¹ A exclusão de períodos relativos próximos ao início do tratamento é a abordagem mais utilizada, enquanto, a exclusão de períodos distantes ao início do tratamento é menos comum. Por padrão o IW remove o período anterior ao início do tratamento $t = -1$ e o último período $t = T$. Para mais detalhes sobre as multicolinearidades, ver (Borusyak; Jaravel, 2018).

$$\sum_{\{i|D=0\}} w_i = 1 \text{ e} \quad (5)$$

$$w_i \geq 0 \text{ para todos } i \text{ tal que } D = 0$$

Onde $h(.)$ é a distância métrica e $C_{ri}(X_i) = m_r$ descreve um conjunto de R restrições de equilíbrio impostas aos momentos das covariáveis do grupo de controle ($D = 0$) reponderado.

De acordo com Cefalu *et al.*, (2020) e McMullin; Schonberger, (2020) combinar a estratégia de DiD com o balanceamento por entropia tem o potencial de reduzir o viés nas análises quando o pressuposto de tendências paralelas não é satisfeito diretamente.

2.5 Resultados

Primeiramente são expostos os resultados do *t-test* para as diferenças de médias nas características observáveis dos grupos tratado e controle, antes e após o pareamento com o peso gerado pelo balanceamento por entropia.

Na tabela 2-3 é possível observar que antes do balanceamento o grupo tratado (unidades familiares de produção agrária com apólices de seguro subvencionadas pelo PSR) apresenta em média maiores níveis de educação e uma predominância maior de homens como primeiro titular da DAP. Além disso, o grupo tratado apresenta em média uma proporção maior de agricultores casados, e menos agricultores com Número de Identificação Social (NIS), indicando que há menos famílias de baixa renda, que participam dos programas sociais, o que é corroborado pela variável de renda social, que indica uma menor renda advinda de programas sociais e previdência. Ademais, o grupo de tratamento apresenta em média menos agricultores participantes do Programa de Aquisição de alimentos (PAA) e, também, agricultores que tomaram crédito de custeio no PRONAF.

No contexto das características das propriedades rurais, força de trabalho e composição familiar, o grupo tratado, apresenta em média um maior número de imóveis explorados, área em hectares nos estabelecimentos, empregados permanentes, força eventual de trabalho e menor número de membros familiares. Já em nível municipal, os municípios do grupo tratado, apresentam menos registro de desastres naturais e mais recursos de crédito rural provenientes de programas da esfera Federal.

Em suma, os resultados indicam que em média os grupos de tratamento e controle diferem em quase todas as características observáveis, justificando a utilização de métodos de ponderação para o balanceamento das covariáveis do modelo. Dado o exposto, olhando para as médias pós-balanceamento é possível inferir que a amostra ficou fortemente balanceada com

os pesos gerados, garantindo que os grupos tratado e controle possuíse em média as mesmas características observáveis.

Tabela 2-3: Balanço das covariáveis pré e pós-balanceamento.

	Média pré-balanceamento			Média pós-balanceamento		
	Tratado	Controle	P-valor	Tratado	Controle	P-valor
D. Analfabeto (1º)	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.999
D. Analfabeto (2º)	0.001	0.011	0.000	0.001	0.001	0.999
D. E. Fundamental completo (1º)	0.369	0.323	0.000	0.369	0.369	0.999
D. E. Fundamental completo (2º)	0.287	0.236	0.000	0.287	0.287	0.999
D. E. Médio completo (1º)	0.196	0.141	0.000	0.196	0.196	0.998
D. E. Médio completo (2º)	0.131	0.086	0.000	0.131	0.131	0.997
D. E. Técnico completo (1º)	0.006	0.004	0.009	0.006	0.006	1.000
D. E. Técnico completo (2º)	0.002	0.002	0.436	0.002	0.002	1.000
D. E. Superior completo (1º)	0.040	0.021	0.000	0.040	0.040	0.999
D. E. Superior completo (2º)	0.065	0.029	0.000	0.065	0.065	0.999
D. Homem (1º)	0.952	0.860	0.000	0.952	0.952	0.999
D. Mulher (1º)	0.029	0.074	0.000	0.029	0.029	1.000
ln (Idade)	46.912	45.903	0.000	46.912	46.912	1.000
D. Casado (1º)	0.791	0.732	0.000	0.791	0.791	1.000
D. NIS (1º)	0.087	0.271	0.000	0.087	0.087	0.996
D. NIS (2º)	0.074	0.189	0.000	0.074	0.074	0.999
D. PAA	0.022	0.029	0.000	0.022	0.022	0.999
D. Crédito	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.996
ln (Renda Sociais)	0.928	1.158	0.000	0.928	0.928	1.000
ln (Área Estabelecimento)	2.957	2.534	0.000	2.957	2.957	1.000
ln (Empregados Permanentes)	0.152	0.146	0.007	0.152	0.152	0.999
ln (Força Eventual)	0.079	0.047	0.000	0.079	0.079	0.989
ln (Imóveis Explorados)	0.936	0.805	0.000	0.936	0.936	1.000
ln (Membros Família)	1.385	1.373	0.000	1.385	1.385	0.997
ln (Precipitação Total)	7.398	7.237	0.000	7.398	7.398	0.991
ln (Temperatura Média)	3.316	3.376	0.000	3.316	3.316	0.992
ln (Umidade do Ar Média)	4.487	4.461	0.000	4.487	4.487	0.997
ln (Vel. Vento Máximo)	2.734	2.699	0.000	2.734	2.734	0.997
ln (Desastres Naturais)	0.266	0.408	0.000	0.266	0.266	0.989
ln (Caminhão)	6.134	5.458	0.000	6.134	6.134	0.996
ln (Tratores)	1.984	1.519	0.000	1.984	1.984	0.994
ln (Valor Custeio)	16.689	16.146	0.000	16.689	16.689	1.000
ln (Valor Investimento)	15.834	15.680	0.000	15.834	15.834	0.997
ln (Valor comercialização)	11.851	8.086	0.000	11.851	11.851	1.000
ln (Part.Agro)	0.217	0.218	0.748	0.217	0.217	0.996
ln (ITR)	10.688	10.053	0.000	10.688	10.688	0.999
D. Prefeito Agro	0.128	0.159	0.000	0.128	0.128	0.996

Fonte: Elaborados pelos autores. Notas: Os níveis de significância são representados por *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$. A hipótese nula do *t-test* é que as médias são iguais.

A seguir na tabela 2-4 são apresentados os resultados dos impactos do PSR sobre a renda e diversidade da produção das Unidades Familiares de Produção Agrárias (UFPA). Quanto a estrutura da tabela, são apresentadas seis especificações, sendo as três primeiras utilizando estimador IW proposto por Sun e Abraham (2021) as três últimas com estimador *Two-Way Fixed Effects* (TWFE), alternando nas estimações a presença de covariáveis e os pesos gerados por balanceamento por entropia.

Tabela 2-4: Resultados do PSR sobre a renda e a diversidade das UFPA's

	Sun e Abraham (IW)			TWFE		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<u>Valor Bruto da produção</u>						
<i>D_PSR</i>	0.273*** (0.052)	0.192*** (0.048)	0.144** (0.068)	0.144*** (0.020)	0.105*** (0.018)	0.034* (0.019)
<i>N</i>	923.064	923.064	923.064	923.064	923.064	923.064
<u>Diversidade da Produção</u>						
<i>D_PSR</i>	0.001 (0.008)	-0.002 (0.008)	0.004 (0.010)	0.002 (0.002)	0.0004 (0.002)	0.0006 (0.003)
<i>N</i>	923.064	923.064	923.064	923.064	923.064	923.064
<u>VBP de outros produtos</u>						
<i>D_PSR</i>	-0.177 (0.130)	-0.188 (0.128)	-0.139 (0.187)	0.003 (0.056)	-0.029 (0.055)	0.002 (0.086)
<i>N</i>	923.064	923.064	923.064	923.064	923.064	923.064
<i>Covariáveis</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>
<i>Ponderado por EB</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
<i>Efeito fixo UFPA e ANO</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>

Fonte: Elaborados pelos autores. Notas: Os níveis de significância são representados por *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$; o valor entre parênteses representa o erro-padrão clusterizado por municípios. Para corrigir os impactos dos coeficientes estimados, será utilizado a seguinte expressão: $100 * [\exp(\hat{\beta}) - 1]$, ver mais em Giles, (2011). A valor Bruto da produção média anual dos grupos tratado e controle são de R\$ 88.727,00 e R\$ 21.133,00 respectivamente.

Os resultados do estimador IW indicam que o PSR contribuiu para um aumento de 15% no valor bruto da produção dos agricultores familiares, como indicado na especificação (3) com covariáveis e pesos. Já na especificação (1) sem covariáveis e pesos, o impacto sobre o valor bruto da produção foi de 31%. Em termos monetários, o efeito do programa variou entre R\$ 13.309,00 e R\$ 27.505,00 no valor bruto da produção anual das UFPA's tratadas.

Com relação a diversidade da produção, não foi observado impacto estatisticamente significativo.

Já o valor bruto da produção advindo de outros produtos, aqui funciona como um placebo do tratamento, uma vez que representa o rendimento bruto advindo de produtos não segurados pelo PSR e, portanto, não deve apresentar impacto estatisticamente significativo. Como esperado, o PSR não influenciou o rendimento proveniente dos produtos sem subvenção no programa, corroborando os resultados anteriormente encontrados, descartando a influência de outros fatores que poderiam ter influenciado positivamente a renda do grupo de tratamento ao longo do período analisado.

Comparando os resultados obtidos com o estimador de Sun e Abraham (IW) e *Two-Way Fixed Effects* (TWFE), observamos diferenças expressivas para todas as especificações, sendo as mais discrepantes nos modelos (3) e (6), onde o TWFE, aponta um impacto de 3%, enquanto o IW indica 15%.

Dando continuidade as estimações, na tabela 2-5 são expostos os resultados da especificação dinâmica ou estudo de eventos representada pela equação (2), onde são utilizados os *lags* e *leads* do tratamento, permitindo capturar o impacto do programa ao longo do tempo.

Tabela 2-5: Resultados estudo de eventos com estimador de Sun e Abraham.

<i>Lags</i>	(1) <i>Renda Bruta</i>	(2) <i>Renda Bruta</i>	(3) <i>Renda Bruta</i>	<i>Leads</i>	(1) <i>Renda Bruta</i>	(2) <i>Renda Bruta</i>	(3) <i>Renda Bruta</i>
-10	0.317 (0.387)	0.180 (0.228)	0.059 (0.237)	0	0.163** (0.080)	0.197*** (0.050)	0.253*** (0.052)
-9	0.484 (0.367)	0.173 (0.160)	0.052 (0.171)	1	0.314*** (0.089)	0.353*** (0.058)	0.474*** (0.063)
-8	0.421 (0.310)	0.137 (0.142)	-0.009 (0.152)	2	0.208*** (0.078)	0.285*** (0.059)	0.431*** (0.067)
-7	0.294 (0.251)	0.094 (0.104)	0.010 (0.114)	3	0.131 (0.100)	0.277*** (0.073)	0.388*** (0.080)
-6	0.359* (0.187)	0.130 (0.088)	0.107 (0.096)	4	0.108 (0.092)	0.242*** (0.088)	0.374*** (0.092)
-5	0.076 (0.149)	0.011 (0.078)	-0.073 (0.089)	5	0.069 (0.106)	0.156** (0.076)	0.298*** (0.086)
-4	0.171 (0.177)	0.050 (0.082)	-0.002 (0.087)	6	-0.034 (0.108)	0.046 (0.086)	0.125 (0.097)
-3	0.335 (0.227)	0.128 (0.091)	0.102 (0.093)	7	-0.066 (0.139)	0.003 (0.088)	0.115 (0.107)
-2	0.027 (0.138)	0.013 (0.057)	-0.007 (0.061)	8	-0.047 (0.171)	0.043 (0.111)	0.144 (0.123)
-1	<i>Excluído</i>			9	-0.031 (0.244)	0.101 (0.228)	0.218 (0.270)
<i>N</i>	923.063	923.063	923.063		923.063	923.063	923.063
<i>Covariáveis</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>		<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>
<i>Ponderado por EB</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>		<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>
<i>EF, UFPA e Ano</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>		<i>Não</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>

Fonte: Elaborados pelos autores. Notas: Os níveis de significância são representados por *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.10$; o valor entre parênteses representa o erro-padrão em cluster municipais.

Os resultados encontrados, indicam que nos períodos pré-tratamento (*lags* -2 a -10), somente a especificação (1) no período relativo -6, o coeficiente foi estatisticamente significativo, sendo a 10%. Aqui é importante frisar, que apesar dos resultados sem significância estatística dos *lags*, não é possível garantir a validade do pressuposto de tendências paralelas, no entanto, eles fornecem evidências sugestivas da validade do pressuposto e de como seriam as tendências nos períodos pós-intervenção na ausência do tratamento. Quanto aos *leads*, é possível observar que no período relativo 1, o programa apresentou seu maior impacto sobre o valor bruto da produção das UFPAs. Ademais, a partir do período relativo 5, os coeficientes estimados não foram estatisticamente significativos para as especificações (2) com covariadas e (3) com covariadas e pesos.

Em síntese, os resultados encontrados indicam que o grupo de tratamento experimentou um aumento no valor bruto da produção advindo da produtos subvencionados pelo PSR. Esses

resultados diferem do achados no estudo conduzido pelo Ministério da Fazenda, (2018), onde os resultados indicaram que o PSR pode ter gerado até mesmo instabilidade na renda dos agricultores. No entanto, os resultados deste estudo corroboram os achados de programas de seguro rural internacionais (AGBENYO; JIANG; NTIM-AMO, 2022; AUSTIN, 2011; LIANG; LIANG; DONG, 2008; LI; WANG, (2022); MOTE et al., 2017; NAHVI et al., 2014; SUN; CHEN, 2011; VARADAN; KUMAR, 2012; YANUARTI; AJI; RONDHI, 2019; ZHAO et al., 2016).

No contexto da diversidade da produção, os resultados apontam que a subvenção ao prêmio do seguro rural não apresentou impacto estatisticamente significativo sobre a diversidade da produção das UFPAs, indicando que a subvenção ao prêmio do seguro rural não alterou a estrutura de incentivos e preferência por determinados cultivos e espécies em detrimento de outros. No entanto, é necessário ressaltar que o grupo de tratamento no período analisado não contava com um percentual diferenciado de subvenção aos agricultores familiares, que no projeto-piloto é de 60%, valor bem acima dos percentuais praticados no restante do programa, o que pode afetar a escolha de plantio dos agricultores familiares, principalmente pois contempla poucas culturas (soja, milho primeira safra, banana, maçã e uva)

Esse resultado é importante, visto que estudos internacionais apontam que a subvenção do seguro rural pode alterar a estrutura de incentivos de produção, privilegiando as culturas subvencionadas (CLAASSEN; LANGPAP; WU, 2017; GOODWIN; SMITH, 2013; GOODWIN; VANDEVEER; DEAL, 2004; WALTERS *et al.*, 2012; YOUNG; VANDEVEER; SCHNEPF, 2001)

2.6 Conclusão

O Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) criado em 2003, tem como objetivos a universalização do acesso ao seguro rural como instrumento capaz de manter a estabilidade da renda e o fomento à modernização com a utilização de tecnologias adequadas. No contexto da agricultura familiar, em 2020 foi aprovado o projeto-piloto de subvenção ao prêmio do seguro rural para operações enquadradas no PRONAF, com objetivo de promover a contratação do seguro rural para os produtores familiares que tomaram crédito de custeio agrícola no Proagro-Mais. A diferença do PSR padrão para o projeto-piloto está no percentual do prêmio subvencionado para agricultura familiar, que é de 60%, superior ao restante do programa.

Dentro desta perspectiva, este estudo teve como objetivos, avaliar o impacto do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) sobre a renda e a diversidade da produção das Unidades Familiares de Produção Agrária (UFPA). Para tanto, utilizou-se a estratégia empírica de Diferença-em-Diferenças, empregando o estimador proposto por Sun; Abraham, (2021), combinado com a técnica de balanceamento por entropia, utilizando um conjunto de dados em nível de unidades familiares para o período de 2007 a 2017.

Os resultados encontrados, indicam que o grupo de agricultores familiares com operações de seguro subvencionadas pelo PSR, experimentou um aumento de 15% a 31% no valor bruto da produção, corroborando achados de diversos de estudos internacionais.

No contexto da diversidade, não foi observado impacto estatisticamente significativo sobre a decisão dos agricultores familiares de diversificar a produção. Em outra perspectiva, a subvenção padrão do prêmio do seguro rural não gerou impacto sobre a estrutura de incentivos e preferência por determinados cultivos e espécies em detrimento daqueles subvencionados pelo programa. Contudo, no recente projeto-piloto, a subvenção do cultivo de (soja, milho primeira safra, banana, maçã e uva) apresentam percentuais de subvenção bem acima dos praticados no restante do PSR, podendo influenciar a decisão de plantio, influenciando o uso da terra e dos insumos, como observado em programas de seguro rural de outros países.

2.7 Referências

- AGBENYO, W.; JIANG, Y.; NTIM-AMO, G. Impact of crop insurance on cocoa farmers' income: an empirical analysis from Ghana. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 1, p. 1–11, 9 abr. 2022.
- ALVES, E. et al. Lucratividade da agricultura. **seer.sede.embrapa.br**, 2012.
- AUSTIN, P. C. An introduction to propensity score methods for reducing the effects of confounding in observational studies. **Multivariate Behav Res**, v. 46, 2011.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Resolução N°2191**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/1995/pdf/res_2191_v3_L.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2021.
- BERGÉ, L. Efficient estimation of maximum likelihood models with multiple fixed-effects: the R package FENmlm. **CREA Discussion Paper 2018 - 13**, 2018.
- BIANCHINI, V. Vinte anos do PRONAF, 1995-2015: avanços e desafios. **coral.ufsm.br**, 2015.
- BORUSYAK, K.; JARAVEL, X. Revisiting Event Study Designs. **SSRN Electronic Journal**, 2018.
- BRASIL. **Aprovado projeto-piloto para contratação do seguro rural vinculado ao PRONAF — Português (Brasil)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/06/aprovado-projeto-piloto-para-contratacao-do->

seguro-rural-vinculado-ao-PRONAF>. Acesso em: 29 nov. 2021a.

BRASIL. **Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP) — Português (Brasil)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/dap>>. Acesso em: 29 nov. 2021.

BRASIL. **Garantia-Safra: agricultor pode consultar benefício pela internet — Português (Brasil)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/05/garantia-safra-agricultor-consultar-beneficio-pela-internet>>. Acesso em: 2 dez. 2021.

BRASIL. **Aprovado projeto-piloto para contratação do seguro rural vinculado ao PRONAF — Português (Brasil)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/06/aprovado-projeto-piloto-para-contratacao-do-seguro-rural-vinculado-ao-PRONAF>>. Acesso em: 2 dez. 2021.

BRASIL, D. P. N. 946/199. **Portal da Câmara dos Deputados**. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1996/decreto-1946-28-junho-1996-435815-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 29 nov. 2021b.

CALLAWAY, B.; SANT'ANNA, P. H. C. Difference-in-Differences with multiple time periods. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 200–230, 1 dez. 2021.

CARLOS VINÍCIUS SANTOS, R.; TITO BELCHIOR SILVA, M.; G. H. M., C. O efeito marginal do capital humano na agricultura familiar. **Revista Espacios**, v. 38, p. 8, [s.d.].

CLAASSEN, R.; LANGPAP, C.; WU, J. Impacts of federal crop insurance on land use and environmental quality. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 99, n. 3, p. 592–613, 1 abr. 2017.

CNA. **PIB do Agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020 | Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA)**. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/boletins/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020>>. Acesso em: 29 nov. 2021.

CNA. **Guia de Seguros Rurais 2020 | Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA)**. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/documentos-tecnicos/guia-de-seguros-rurais-2020>>. Acesso em: 2 dez. 2021.

COELLI, T.; FLEMING, E. Diversification economies and specialisation efficiencies in a mixed food and coffee smallholder farming system in Papua New Guinea. **Agricultural Economics**, v. 31, n. 2–3, p. 229–239, dez. 2004.

DE CHAISEMARTIN, C.; D'HAULTFÈUILLE, X. Two-Way Fixed Effects Estimators with Heterogeneous Treatment Effects. **American Economic Review**, v. 110, n. 9, p. 2964–2996, 1 set. 2020.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **RESOLUÇÃO Nº 75, DE 22 DE JUNHO DE 2020 - RESOLUÇÃO Nº 75, DE 22 DE JUNHO DE 2020 - DOU - Imprensa Nacional**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-75-de-22-de-junho-de-2020-263401716>>. Acesso em: 2 dez. 2021.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Resolução no 82, de 27 de maio de 2021 - Resolução no 82, de 27 de maio de 2021 - DOU - Imprensa Nacional**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-no-82-de-27-de-maio-de-2021-323278613>>. Acesso em: 2 dez. 2021.

ELLIS, F. Household strategies and rural livelihood diversification. **Journal of Development**

Studies, v. 35, n. 1, p. 1–38, 1998.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira - Portal Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/visao/o-futuro-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 29 nov. 2021.

FRANÇA CAIO GALVÃO, DE; GROSSI MAURO EDUARDO, DEL; AZEVEDO MARQUES VICENTE, DE. **O Censo Agropecuário 2006, e a Agricultura Familiar**. Disponível em: <<https://www.bb.com.br/docs/pub/siteEsp/agro/dwn/CensoAgropecuario.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2022.

FILHO, H. M.; ... C. M.-... S.-A. EM; 2016, UNDEFINED. Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil. **alice.cnptia.embrapa.br**, [s.d.].

GARDNER, John. Two-stage differences in differences. **arXiv preprint arXiv:2207.05943**, 2022.

GILES, D. E. Interpreting Dummy Variables in Semi-logarithmic Regression Models: Exact Distributional Results. **University of Victoria Department of Economics Working Paper EWP 1101**, p. 1–24, 2011.

GOODMAN-BACON, A. Difference-in-differences with variation in treatment timing. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 254–277, 1 dez. 2021.

GOODWIN, B. K.; SMITH, V. H. What harm is done by subsidizing crop insurance? **American Journal of Agricultural Economics**, v. 95, n. 2, p. 489–497, jan. 2013.

GOODWIN, B. K.; VANDEVEER, M. L.; DEAL, J. L. An empirical analysis of acreage effects of participation in the federal crop insurance program. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 86, n. 4, p. 1058–1077, 2004.

HAINMUELLER, JENS. Entropy balancing for causal effects: A multivariate reweighting method to produce balanced samples in observational studies. **cambridge.org**, v. 16, p. 25–46, 2012.

IBGE. **IBGE | Biblioteca | Detalhes | Censo agropecuário : resultados definitivos 2017**. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73096>>. Acesso em: 29 nov. 2021.

LAVORATO, M.; BRAGA, M. Assessing the effects of premium subsidies on crop insurance demand: An analysis for grain production in Southern Brazil. 2018.

LI, Y.; WANG, Z. Analysis on the effect of farmer income of policy-based agricultural insurance. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science**, v. 72, n. 1, p. 386–400, 2022.

LIANG, P.; LIANG, P.; DONG, Y. An empirical study on the impact of agricultural insurance on farmers' income in China. **Mod Manag**, v. 1, 2008.

LOYOLA, P.; MOREIRA, V.; PEREIRA, C. Analysis of the Brazilian Program of Subsidies for Rural Insurance Premium: evolution from 2005 to 2014. **researchgate.net**, v. 10, n. 7, 2016.

MAPA. **Observatório Acadêmico do ZARC**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/observatorio-academico-do-zarc>>. Acesso em: 11 jul. 2022a.

MAPA. **Programas de apoio ao seguro rural Federal estaduais e municipais**, 2022b.

MDA/SAF/PRONAF. **Plano safra da agricultura familiar 2017/2020**. Disponível em: <https://www.aged.ma.gov.br/files/2018/05/Cartilha_Plano_Safra_2017.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2021.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. MINISTRO DA FAZENDA SUBSECRETÁRIO DE GOVERNANÇA FISCAL E REGULAÇÃO DE LOTERIA COORDENADORA-GERAL DE ESTUDOS FISCAIS. maio 2018.

MOTE, S. S. et al. Impact of crop insurance on farmers' income in Pune district of Maharashtra. **Indian Journal of Economics and Development**, v. 13, n. 2a, p. 617, 2017.

NAHVI, A. et al. Factors affecting rice farmers to participate in agricultural insurance. **J Appl Sci Agric**, v. 9, 2014.

NIEHOF. The significance of diversification for rural livelihood systems. **Elsevier**, [s.d.].

OZAKI, V. A. Qual o custo governamental do seguro agrícola? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 1, p. 123–136, 2013.

P, S.; SW, C. The empirical analysis of agricultural insurance and farmers' agricultural income in Shandong province. **J Shandong Agric Univ (Social Science Edition)**, p. 82–87, 2011.

ROTH, J. et al. **What's Trending in Difference-in-Differences? A Synthesis of the Recent Econometrics Literature**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2201.01194v2>>. Acesso em: 22 maio. 2022.

RUIZ-CÁRDENAS, R. **O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF**. Disponível em: <<https://toolbox.coffeeandclimate.org/wp-content/uploads/Folheto-Cartilha-PRONAF-e-SEAF-Brasil.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2022.

S, D. F.; CHAVAS. On crop biodiversity, risk exposure, and food security in the highlands of Ethiopia. **Wiley Online Library**, v. 91, n. 3, p. 599–611, 2009.

SANTOS, G.; SILVA, F. Dez anos do Programa de Subvenção ao Prêmio de Seguro Agrícola: proposta de índice técnico para análise do gasto público e ampliação do seguro. 2017.

SILVA, E.; BERNARDES, E. Estrutura Lógica como metodologia para avaliação de políticas públicas: uma análise do PRONAF. **SciELO Brasil**, [s.d.].

SILVA, E.; BERNARDES, E. Estrutura Lógica como metodologia para avaliação de políticas públicas: uma análise do PRONAF. **SciELO Brasil**, 2014.

SUN, L.; ABRAHAM, S. Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 175–199, 1 dez. 2021.

VARADAN, R. J.; KUMAR, P. Impact of crop insurance on rice farming in Tamil Nadu. **Agric Econ Res Rev**, v. 25, 2012.

WALTERS, C. G. et al. Crop insurance, land allocation, and the environment. **JSTOR**, v. 37, n. 2, p. 301–320, 2012.

YANUARTI, R.; AJI, J. M. M.; RONDHI, M. Risk aversion level influence on farmer's decision to participate in crop insurance: a review. **Agric Econ**, v. 65, 2019.

YOUNG, C. E.; VANDEVEER, M. L.; SCHNEPF, R. D. Production and price impacts of U.S. crop insurance programs. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 83, n. 5, p. 1196–1203, 2001.

ZHAO, Y. et al. An empirical analysis of the effect of crop insurance on farmers' income:

results from Inner Mongolia in China. **China Agric Econ Rev**, v. 8, 2016.

3 O IMPACTO DO PROGRAMA DE SUBVENÇÃO AO PRÊMIO DO SEGURO RURAL SOBRE A PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DA ATIVIDADE AGRÍCOLA NO BRASIL

Resumo

O objetivo deste estudo é avaliar o impacto do programa de subvenção ao prêmio do seguro rural (PSR) sobre a produtividade e eficiência da atividade agrícola no Brasil. Nesse contexto, foi utilizada a estratégia empírica de Diferença-em-Diferenças aplicando o estimador proposto por Callaway e Sant'Anna, (2021), em um conjunto de dados em nível municipal para o período de 2002 a 2018. Quanto aos resultados, não foram encontradas evidências que o PSR influenciou a produtividade e a eficiência das culturas analisadas.

Palavras-chave: Seguro Rural, Produção Agrícola, Diferença-em-Diferenças.

JEL Classificação: Q01, Q10, C21.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the impact of the rural insurance premium grant program (PSR) on the productivity and efficiency of agricultural activity in Brazil. In this context, the empirical strategy of Difference-in-Differences was used applying the estimator proposed by Callaway and Sant'Anna, (2021), in a set of data at the municipal level for the period from 2002 to 2018. The results indicate that the PSR did not influence the productivity and efficiency of the crops analyzed.

Keywords: Rural Insurance, Agricultural Production, Difference-in-Differences.

JEL Classification: Q01, Q10, C21.

3.1 Introdução

O Programa brasileiro de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), apesar de seus 19 anos desde sua criação por lei, ainda pode ser considerado incipiente. A experiência internacional mostra que países como os Estados Unidos da América e a Espanha, careceram de algumas décadas para ganhar a confiança de seus produtores. De acordo com *United States Department of Agriculture* (USDA), a participação dos agricultores americanos segurados atingiu quase 90% em 2015, representando uma cobertura de aproximadamente 121 milhões de hectares, com o governo subsidiando 63% do valor dos prêmios dos seguros, movimentando um orçamento anual médio de US\$ 6,2 bilhões (SCHNEPF, 2019; USDA, 2016)

No contexto do Brasil, no ano de 2021, aproximadamente 21% das áreas agrícolas estavam cobertas pelo PSR, o que representa aproximadamente 13.7 milhões de hectares segurados (IBGE, 2020; MAPA, 2022). De acordo com as informações do atlas do seguro rural¹², entre os anos de 2006 e 2021, o montante dos prêmios das apólices subvencionadas pelo PSR foi de R\$ 6.34 bilhões, sendo o ano 2021, quando o programa teve seu maior orçamento R\$ 1.15 bilhão, o que possibilitou um aumento de 98% da área segurada em relação ao ano de 2020. Ademais, de acordo com a Lei de Diretrizes Orçamentárias aprovada em 2022, os recursos do PSR passaram a ser categorizados como despesas obrigatórias, implicando que os recursos do programa não poderão ser contingenciados, trazendo mais previsibilidade e estabilidade ao programa (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2022). Diante dessas considerações, e do fato que o Brasil figura entre os maiores produtores agropecuários do mundo, fica evidente que o seguro rural ainda tem muito espaço para avançar, apesar de nos últimos anos ter dado passos importantes.

Embora o objetivo principal da subvenção ao prêmio do seguro rural não seja promover ganhos de produtividade e avanços tecnológicos, estudos apontam que os subsídios agrícolas podem gerar efeitos ambíguos sobre a eficiência técnica. Uma meta-análise realizada por Minviel; Latruffe, (2017) com 68 estudos sobre os efeitos dos subsídios sobre a atividade agrícola, demonstra, que, se por um lado, os subsídios podem ajudar os agricultores a superar as restrições financeiras que dificultam a modernização, por outro, os subsídios também podem reduzir os esforços dos produtores ou alterar as suas atitudes em relação ao risco, dado que, acabam por distorcer os incentivos à produção de forma eficiente.

Diante dessas considerações, este estudo tem como objetivo avaliar empiricamente os impactos da política de subvenção ao prêmio do seguro rural sobre a produtividade e eficiência

¹² Mais detalhes em: <https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/SISSER/SISSER.html>

da atividade agrícola brasileira. Avaliar um programa como o PSR é sempre um grande desafio, dado que, possui um caráter não experimental intrínseco e, portanto, não foi desenhado para ser avaliado. Ademais, a existência de outros programas de incentivos ao setor agropecuário operando simultaneamente e a falta de dados em nível de propriedades rurais, geram uma dificuldade adicional. Para atingir o objetivo, foi utilizada a estratégia empírica de diferença-em-diferenças com o estimador proposto por Callaway; Sant'Anna, (2021). Os dados utilizados compreendem o período de 2002 a 2018 e estão em nível municipal. Os resultados encontrados, apontam que o PSR não influenciou a produtividade e a eficiência das culturas analisadas, apesar que, para algumas estimações os coeficientes estimados foram estatisticamente significativos, não foi possível garantir a construção de um cenário contrafactual válido, indicado pelo teste de tendências paralelas prévias.

O artigo está organizado da seguinte forma. Na seção 3.2 são relatadas as experiências do seguro rural no Brasil e no mundo, reportando estudos empíricos sobre os impactos dos subsídios do seguro rural sobre a produtividade. Na seção 3.3, são apresentados os dados e as fontes utilizadas. Já na seção 3.4, é exposta a metodologia aplicada. Na seção 3.5, são apresentados e discutidos os resultados encontrados e, por fim, na seção 3.6 são feitas as considerações finais.

3.2 Seguro rural

O seguro rural é um importante instrumento para a estabilidade da renda dos produtores rurais. Na ausência de um seguro rural eficiente, os produtores com dificuldades de honrar seus compromissos financeiros recorrem à ajuda governamental na forma de renegociação de dívidas, o que acaba por gerar um círculo vicioso de alívio temporário, implicando em elevados custos financeiros para o governo e sociedade (CNA, 2020).

Promover um programa de seguro rural eficiente é um desafio, dado que a agropecuária é uma atividade altamente dependente de eventos climáticos, sanitários e, também, da volatilidade dos preços dos insumos e produtos. Além disso, o seguro rural contraria um pressuposto básico dos seguros, o qual estabelece que o risco agregado deve ser menor que o risco individual, isso ocorre, pois geralmente os sinistros resultantes de eventos climáticos afetam diversas propriedades em uma mesma região, o que por sua vez, implica em dificuldades para as seguradoras em criar carteiras e promover a diversificação de riscos (BARROS et al., 2012; FORNAZIER et al., 2012).

Há também, outros elementos que dificultam a atuação das seguradoras na atividade agropecuária, como por exemplo, assimetria de informação, risco moral, altos custos operacionais e dificuldades de precificação que levem em consideração as heterogeneidades das atividades desenvolvidas, além, da alta exposição a eventos catastróficos. Diante destas considerações, o mercado privado de seguro rural acaba cobrando elevados valores pelos prêmios, desestimulando à expansão da carteira. É por essa razão que os subsídios governamentais exercem um papel importante na promoção de um seguro rural, posto que, as subvenções corrigem os riscos percebidos pelo setor privado e viabilizam a cobertura para os produtores, de maneira a corrigir as falhas de mercado do seguro rural, o que por sua vez, permite um círculo virtuoso de expansão da carteira de seguros (BARROS et al., 2012; GUIMARÃES; NOGUEIRA, 2009)

3.2.1 O seguro rural no mundo

Nos Estados Unidos o seguro agrícola teve seu início em 1920, porém tomou impulso a partir das secas ocorridas em 1934 e 1936. Seguindo a mesma linha, entre as décadas de 1930 e 1960, países como o Japão, Índia, Sri Lanka, Canadá e México, implementaram o seguro rural como uma forma de incentivar e proteger o setor agrícola (Barnett, 2000; Ferreira e Rocha Ferreira, da, 2009; Ozaki, 2005). Contudo, esse instrumento de mitigação de riscos ainda é inexistente na maioria dos países emergentes, devido às imperfeições do mercado de seguro rural privado, que exigem significativos subsídios governamentais, o que acaba sendo inviáveis para governos com recursos financeiros escassos (JENSEN; CHRISTOPHER, 2017; MIRANDA; FARRIN, 2012).

De acordo com Dick; Weijing Wang, (2010) nos países de alta renda, o seguro agrícola privado conta com a participação pesada dos subsídios governamentais. Todavia, em alguns países, como é o caso da Alemanha, Austrália e Nova Zelândia, essa prática não é tão comum, apesar de existirem subsídios, o governo não dá tanto suporte ao produtor rural como ocorre em países como os EUA, Canadá, Espanha, Itália, Japão e Coreia do Sul. Dentro deste contexto, Fornazier; et al., (2012), analisam a importância do seguro rural em países desenvolvidos como os EUA e Espanha, ambos tidos como exemplos no mercado de seguro rural. O estudo conclui, que a estruturação do seguro rural tem um longo caminho a percorrer e, que até então, em nenhum país do mundo é possível encontrar um seguro rural considerado realmente eficiente, que não necessite da participação do setor público.

Em suma, a experiência internacional mostra que o seguro rural levou algumas décadas para construir uma estrutura estável e robusta. Além disso, nos sistemas bem sucedidos tidos como referência internacional, é evidente a importância da participação do setor público trabalhando em harmonia com o setor privado.

3.2.2 O seguro no Brasil

O primeiro seguro do setor agrícola Brasileiro data do ano de 1939, com a criação do seguro contra granizo para a lavoura algodoeira do estado de São Paulo. A iniciativa incentivou também a criação da carteira agrícola de seguros contra granizo para os viticultores de São Paulo, e o seguro contra granizo para a lavoura de arroz no estado do Rio Grande do Sul em 1940 (RAMOS, 2009).

Posteriormente, em 1954 foram criadas a companhia Nacional do Seguro Agrícola (CNSA), e o fundo de Estabilidade do Seguro Agrícola (FESA). Em 1964, sob a Lei Federal nº 4.430, de 20 de outubro daquele ano, ficou estabelecido a obrigatoriedade do seguro agrícola em operações realizadas pelas instituições financeiras da união. Já em 1966, foi promulgado o decreto-lei nº 73 que extinguiu a CNSA, e foram criados o Sistema de Seguros Privados (SNSP) e o Fundo de Estabilização do Seguro Rural (FESR), estendendo a obrigatoriedade do seguro para as realizações de operações de financiamento nas instituições financeiras do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) e, também, isentando de tributos federais as operações de seguro rural (GUIMARÃES e NOGUEIRA, 2009; MIQUELETO, 2011; RAMOS, 2009).

Em 1973, foi criado o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro)¹³, instituído pela Lei nº 5.969, de 11 de dezembro. O Proagro é um programa do governo federal que tem como característica a assunção de risco por parte da União, eximindo o produtor rural de suas obrigações financeiras, garantindo o pagamento dos financiamentos rurais firmados quando a lavoura amparada tem suas receitas reduzidas pela ocorrência de intempéries, doenças ou pragas que atinjam rebanhos e plantações. Dentro desse contexto, foi instituído pelo Decreto nº 175, de 10 de maio de 1991, o Seguro da Agricultura Familiar (SEAF), sob a denominação de Proagro Mais, programa regido pelas normas do Proagro, porém voltado exclusivamente para o financiamento e custeio da agricultura familiar. Ademais, o governo federal, criou o programa Garantia-Safra a partir das Leis Federais nº 10.420, de 10 de abril de 2002, e nº 10.674 de maio de 2003. O Garantia-Safra é uma ação do Programa Nacional de Fortalecimento da

¹³ É importante destacar que o Proagro não é tecnicamente um seguro agrícola, mas uma política pública vinculada ao crédito rural. No entanto, por muito tempo foi considerada o principal instrumento de seguro de custos rurais no Brasil.

Agricultura Familiar (PRONAF), que consiste em um auxílio pecuniário garantindo uma renda mínima para os agricultores familiares das regiões nordeste da Bahia, norte do Espírito Santo e norte de Minas Gerais, além dos Vales do Jequitinhonha e do Mucuri, vitimados frequentemente pelos fenômenos da estiagem ou excesso hídrico (DOS SANTOS; et al., 2013).

No contexto das iniciativas estaduais, em 2002 o poder Executivo do Estado de São Paulo sob a Lei Estadual nº 11.244, de 21 de outubro, autorizou a criação do programa de concessão de subvenções do prêmio e seguro para atividades do agronegócio familiar, financiado pelo Fundo de Expansão da Agropecuária e da Pesca (FEAP). São Paulo, foi o primeiro estado a conceder essa modalidade de seguro rural, cuja iniciativa correlata foi adotada pelo Governo Federal, e posteriormente pelos estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina, que também estabeleceram seus programas de subvenção estadual (CNA, 2020).

3.3.3 Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR)

O Programa do Governo Federal de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), foi criado pela Lei nº 10.823 de 2003 e instituído pelo Decreto nº 5.121 de 2004 ficando a cargo do ministério da agricultura e pecuária e abastecimento (MAPA). Contudo, por meio dos anuários do seguro rural disponibilizados pelo MAPA, é possível observar que o programa foi plenamente operacionalizado somente em 2006. O PSR tem como diretrizes promover a universalização do acesso ao seguro rural, assegurando seu papel como instrumento para estabilidade de renda agropecuária e, induzir a utilização de tecnologias adequadas e modernizar a gestão do empreendimento agropecuário (CNA, 2020; MAPA, 2022b, 2017).

O funcionamento do PSR consiste em subsidiar partes dos custos financeiros na contratação do seguro rural. Os percentuais subvencionados são estabelecidos trienalmente pelo Comitê Gestor Interministerial do Seguro Rural (CGSR). O CGSR, tem entre suas competências gerir a política em relação ao PSR implementando ajustes com objetivos de conferir uma maior efetividade ao programa. Esses ajustes são estabelecidos pelo Plano Trienal do Seguro Rural (PTSR), que estipula as diretrizes técnicas gerais, especialmente no que tange às modalidades de seguro rurais cobertas, bem como os critérios técnicos e financeiros (MAPA, 2017; MAPA, 2022b).

Ademais, o PSR tem como público-alvo os produtores rurais, podendo ser essas pessoa física ou pessoa jurídica, que cultive ou produza espécies cobertas pelo programa, desde que, sua modalidade de seguro seja amparada no PTSR. As modalidades de seguros cobertos pelo PSR são definidas como ações relacionadas a produção desempenhadas na esfera agrícola,

pecuária, aquícola e Florestal. Quanto aos pedidos de subvenção, esses são feitos pelo produtor rural por meio da seguradora que envia a proposta ao MAPA, que analisa o pedido a depender de alguns critérios, como os limites de recursos disponíveis para a cultura ou produtor, a devida regularidade no Cadastro Informativo de Créditos não Quitados do Setor Público Federal (CADIN) e os critérios estabelecidos pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), que avalia os riscos para uma determinada cultura considerando suas características e necessidades específicas. Caso o pedido seja aprovado, o MAPA efetua o pagamento diretamente à seguradora, observando os prazos contratuais estabelecidos entre as partes. Também fica de responsabilidade do MAPA a fiscalização das lavouras cobertas pelo PSR, observando as condições estabelecidas pelo programa (MAPA, 2017).

Utilizando como exemplo o Plano Trienal do Seguro Rural de 2019-2021, temos que os percentuais de subvenção variam entre 20% e 40% a depender da modalidade (agrícola, pecuária ou florestal), tipo de seguro agrícola (Seguro de Custeio, Produtividade ou Receita), forma de Contratação das coberturas (seguros multirriscos ou riscos nomeados)¹⁴. Quanto aos valores máximos subvencionados por beneficiário ao ano, ficou estabelecido que na modalidade agrícola o limite é de R\$ 48.000,00, com o nível mínimo de cobertura da produtividade em 65%. Já para as modalidades pecuária, aquícola e florestal o valor máximo anual é de R\$ 24.000,00. Cabe destacar, que o produtor pode receber a subvenção do programa para mais de uma modalidade, desde que o somatório dos benefícios não ultrapasse os limites de subvenção estipulados. Ademais, é importante mencionar, que as subvenções federais podem ser complementadas por subvenções concedidas pelas esferas estaduais e municipais, no entanto, o produtor não pode subvencionar uma mesma lavoura a qual tenha operação de crédito enquadrada no Proagro (CNA, 2020).

Em uma perspectiva comparada entre os programas Proagro e PSR. O Proagro apresenta a vantagem quanto a agilidade na contratação, pois não envolve um terceiro agente, no caso a seguradora e seus custos envolvidos. Por outro lado, há uma desvantagem quanto a incerteza orçamentária e um risco fiscal significativo ao ente público, pois a união é o agente garantidor de última instância. Quanto ao PSR, existem uma série de vantagens, dentre elas estão, o compartilhamento do risco entre o setor público e o setor privado de seguradoras, minimizando a possibilidade de ocorrências de eventos capazes de afetar as contas públicas, e incentivo ao desenvolvimento de um mercado de seguro rural eficiente que possa atender às

¹⁴ Ver mais detalhes no link: <https://www.cnabrazil.org.br/documentos-tecnicos/guia-de-seguros-rurais-2020#:~:text=Foi%20elaborado%20com%20a%20participa%C3%A7%C3%A3o,por%20uma%20revis%C3%A3o%20e%20amplia%C3%A7%C3%A3o>.

necessidades específicas de cada produtor. Além disso, o produtor rural é beneficiado com o subsídio de parte do prêmio pago pela apólice (BCB, 2022; MAPA, 2022b, 2017).

No que se refere aos estudos sobre a evolução do PSR e revisão de literatura, há diversos artigos, ver por exemplo: (Dos Santos; et al., 2013; Macedo; et al., 2013; Medeiros, 2013; Ozaki, 2010), que discutem a importância do PSR para expansão do seguro rural no Brasil. No entanto, ainda existem poucos estudos empíricos relacionados aos impactos do PSR. Dentre os estudos com caráter mais investigativo, Ozaki, (2008) realiza uma análise sobre a correlação espacial nos dados de produtividade agrícola para o estado do Paraná; Adami; Ozaki, (2012) e Ozaki, (2013) se propõem a avaliar qual deveria ser o volume de recursos e o montante adequado de subvenção fornecido pelo programa; Silva; et al., (2014) atentam para alta concentração dos segurados na região sul, especialmente no estado do Paraná, em contraste com a baixa participação da região nordeste. Ainda nesta perspectiva, Dos Santos; Chaves, (2017) elaboram um índice técnico com objetivo de avaliar os aspectos relacionados a concentração de recursos em determinadas culturas, e sugerem como uma das formas de aperfeiçoamento do programa a redistribuição dos valores das subvenções, com foco em cultivos prioritários de maneira a obter a adesão de um contingente maior de produtores.

De modo similar, Lavorato; Braga, (2018) investigam o efeito do subsídio sobre a demanda por seguros no PSR para as culturas de milho, soja e trigo no sul do Brasil. Seus resultados mostram que em geral os produtores parecem responder positivamente às mudanças nos valores dos subsídios, aumentando a quantidade demandada por seguro agrícola. Por fim, o estudo de avaliação do PSR feito pelo Ministério da fazenda em 2018, indicou que o programa gerou estabilidade na renda do produtor rural para os anos de 2006, 2009 e 2014. No entanto, o PSR pode até mesmo ter gerado instabilidade na renda para os anos de 2008, 2011 e 2012. Em um contexto regional, o estudo indica que as unidades federativas onde o programa foi mais eficaz, foram no Paraná em 2006 e no Rio Grande do Sul para os anos de 2006 e 2010, estados que em geral apresentam maiores concentrações de segurados no programa (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2018).

3.3.4 Seguro rural, produtividade e eficiência

Sob a ótica da produtividade e eficiência, uma meta-análise realizada a partir de 68 estudos elaborados entre 1986 e 2014, destaca que os subsídios agrícolas podem gerar efeitos ambíguos sobre a eficiência técnica. De maneira geral, os resultados indicam que os subsídios agrícolas têm efeitos negativos sobre a eficiência para 46% dos resultados fornecidos pelos

estudos, porém, também são observados efeitos estatisticamente não significativos e efeitos positivos, variando de acordo com a modelagem econométrica utilizada (MINVIEL; LATRUFFE, 2017).

Diante do exposto, a literatura mostra que os subsídios podem gerar efeitos negativos sobre a eficiência técnica, uma vez que distorcem as estruturas de incentivos para produzir com eficiência. Por outro lado, os subsídios agrícolas podem ajudar os agricultores a superar as restrições financeiras que impedem a modernização, aumentando a eficiência e melhorando a capacidade produtiva (MINVIEL; LATRUFFE, 2017). De acordo com Embaye et al., (2017) os subsídios ao seguro rural podem ajudar os agricultores avessos ao risco a melhorar a alocação de recursos, bem como, a viabilidade econômica e reduzir os impactos ambientais. Além disso, os produtores podem usar o dinheiro economizado para investir em tecnologias mais eficientes ou em variedades de culturas que não teriam sido adquiridas devido a restrições de capital, o que por sua vez aumenta a produção e reduz os preços, melhorando a competitividade.

No contexto da produtividade, Young et al., (2001) avaliam os efeitos do seguro rural na produção e nos preços para os Estados Unidos. Os autores argumentam que os subsídios do seguro agrícola tendem a mudar o comportamento do produtor rural, pois reduzem o custo de aquisição da cobertura do seguro e representam um benefício aos produtores, aumentando o retorno esperado por hectare e incentivando a expansão da área de produção agrícola. Seus resultados sugerem que o seguro subsidiado leva à expansão da área cultivada e ao aumento da produção. Esse resultado é corroborado por Sihem, (2017) que encontra evidências que a penetração do seguro agrícola está relacionada ao crescimento da produtividade em 23 países americanos e europeus.

Em sentido oposto Sporri et al., (2012), encontram evidências que os subsídios de prêmio do seguro agrícola contribuíram para um impacto negativo nos indicadores de desempenho econômico, (lucro agrícola, produtividade do trabalho e produtividade da terra) na Hungria. Já Claassen et al., (2017), avaliam os impactos do seguro rural federal dos EUA na região de Corn Belt, e não encontram evidências de um aumento de produtividade, no entanto, os resultados indicam que o seguro rural pode alterar os padrões de rotações das culturas, aumentando a área total de plantio de milho e reduzindo o plantio de trigo. Esses resultados são corroborados por Miao et al., (2016) e Weber et al., (2016), que encontraram evidências de que 3% das terras sob o seguro agrícola federal nos EUA, não teriam sido plantadas caso não houvesse subsídios de seguro.

Em outra perspectiva, (XU e Pu, 2014) avaliam as influências do risco e do seguro safra sobre a produção agrícola, olhando para o modelo de Ramsey-Cass-Koopmans, com incerteza

e mecanismo de seguro agrícola. Os resultados teóricos mostram que a entrada de capital diminui à medida que aumenta a incerteza do risco agrícola, e que o subsídio ao prêmio do seguro safra tem um efeito de promoção sobre a produção.

Por fim, no contexto de produtividade agrícola e PSR no Brasil, Tabosa; Filho, (2018) utilizando o método de Painel de Vetores Autorregressivos (PVAR) encontram evidências de um impacto positivo do programa na produtividade de curto prazo dos produtores participantes do PSR. Ademais, os resultados indicam que somente a importância segurada teve um efeito positivo sobre a área plantada, por outro lado, o número de apólices teve um impacto negativo, tanto na área plantada quanto na produtividade do segurado.

3.4 Dados

Para atingir o objetivo proposto, optou-se por trabalhar em nível municipal, pois apesar do Sistema de Informação da Subvenção ao Seguro Rural (SISSER) disponibilizar dados por produtor rural, infelizmente não existem informações no nível de produtor para os não segurados. Sendo assim, os dados do programa obtidos junto ao SISSER, foram agregados por municípios. Já as informações sobre produção agrícola foram coletadas da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) pertencente ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Como covariáveis, foram utilizados o montante de recursos aplicados em outros programas governamentais de crédito rural (valores de custeio, investimento e comercialização), coletados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA); Valor Adicionado Bruto, coletado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); informações de desastres naturais, obtidas do Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres Naturais (S2iD); dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)¹⁵, informações sobre a Arrecadação do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) da Receita Federal, população estimada do IPEA e frotas de caminhões e tratores obtidos do Ministério da Infraestrutura. Na tabela 3-1 são apresentadas as variáveis utilizadas e suas respectivas fontes.

¹⁵ Foram interpolados espacialmente dados de 919 estações meteorológicas automáticas e convencionais, utilizando um interpolador determinístico univariado, baseado no inverso do quadrado da distância ponderada, para obter as estimativas de precipitação de chuvas, temperatura, umidade do ar e velocidade do vento para cada município brasileiro.

Tabela 3-1: Descrição das principais variáveis utilizadas e fontes.

Legenda	Descrição	Fonte/link
<u>Variáveis dependentes</u>		
Quantidade Produzida (QP)	Quantidade produzida em toneladas. (Produtividade)	PAM
Área Plantada (AP)	Área plantada em hectares. (Produtividade)	PAM
QP/AP	Quantidade produzida por hectare em toneladas. (Eficiência)	PAM
<u>Variáveis de controle</u>		
Variáveis Meteorológicas	Variáveis meteorológicas: Precipitação anual total; temperatura média; umidade do ar mínima e velocidade do vento máximo.	INMET
Crédito Rural	Recursos concedidos por programas ¹⁶ de crédito rural do Governo Federal, no âmbito de custeio, investimento e comercialização.	IPEA
Desastres naturais	Desastres naturais (danos informados) de todos os tipos de desastres.	S2iD
Despesa agricultura	Despesas municipais com agricultura.	IPEA
Despesas educação cultura	Despesas municipais com educação e cultura	IPEA
ITR	Arrecadação do Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR)	SRFB
Part.Agro	Participação do valor adicionado bruto agropecuário no valor adicionado bruto total do município (VAB Agropecuário / VAB Total).	IBGE
População	População municipal estimada	IPEA
Frota caminhões	Frota de caminhões municipais	MI
Frota tratores rodas	Frota de tratores com rodas municipais	MI

Notas: Todas as variáveis em unidades monetárias, foram deflacionadas pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) para valores constantes de 2018.

Para as estimações, primeiramente será avaliado o impacto do PSR sobre a atividade agrícola, utilizando as informações disponíveis para as culturas subvencionadas pelo programa. Posteriormente, as estimações serão focadas nos cultivos mais subvencionados pelo programa que são: soja, milho, trigo, uva, arroz, tomate e café. Juntas essas sete¹⁷ culturas representam aproximadamente 83,4% de todo o recurso aplicado no programa entre 2006 e 2018.

Seguindo Tabosa; Filho, (2018), optou-se por retirar da amostra o estado de Roraima, pois não possui nenhum produtor segurado no PSR no período analisado, e o estado do Amapá, pois só apresenta um produtor no PSR para a cultura de trigo no ano de 2015.

3.4.1 Estatísticas descritivas

¹⁶ ABC; FNO-ABC; FUNCAFÉ; INOVAGRO; MODERAGRO; MODERFROTA; MODERINFRA; MODERMAQ; PCA; PRI; PRLC-BA; PROAQUICULTURA; PROCAP-AGRO; PROCAP-CRED; PROCERA; PRODECER III; PRODECOOP; PRONAF; PRONAMP; PRORENOVA-INDUSTRIAL; PRORENOVA-RURAL; PSI-RURAL; Linha de crédito rural instituída com recursos de Fundos; Financiamento sem vínculo a programas específicos e outras linhas de crédito rural não especificadas.

¹⁷ A Soja é o produto mais subvencionado pelo programa, tendo demandado 39,1% dos recursos, seguido por Milho com 19,4%; Trigo 13,2%; Maçã 9,6%; Uva 6,1%; Arroz 2,9%; Tomate 1,9% e Café com 1,5%. Cabe destacar que para o cultivo de Maçã, não foi possível estimar os coeficientes das regressões, ficando de fora dos resultados.

Na tabela 3-2 são apresentadas as estatísticas descritivas. Por uma questão de brevidade, a partir de agora serão chamados de (municípios com PSR) o grupo de municípios que possuem pelo menos um produtor coberto por seguro rural participando do PSR, e (municípios sem PSR) o grupo de municípios que não possuem nenhum produtor rural segurado participando do programa.

Tabela 3-2: Estatísticas descritivas para o setor agrícola

	<u>Municípios com PSR</u>			<u>Municípios sem PSR</u>		
	Obs	Mean	Std. Dev	Obs	Mean	Std. Dev
ln(Min. umidade ar)	20.219	3.344	0.142	4.520	3.379	0.144
ln(Max. Temperatura)	20.219	3.83	0.039	4.520	3.828	0.037
ln(Precipitação total primavera)	20.219	6.067	0.303	4.520	6.011	0.479
ln(Precipitação total verão)	20.219	6.181	0.332	4.520	6.105	0.358
ln(Precipitação total outono)	20.219	5.544	0.416	4.520	5.64	0.451
ln(Precipitação total inverno)	20.219	4.942	0.886	4.520	5.161	0.846
ln(Max. velocidade vento)	20.219	2.686	0.071	4.520	2.695	0.071
ln(Crédito Rural Comercio)	20.219	8.033	7.434	4.520	7.829	7.628
ln(Crédito Rural Custeio)	20.219	16.333	1.485	4.520	16.075	2.122
ln(Crédito Rural Investimento)	20.219	15.461	1.505	4.520	15.53	1.669
ln(Total desastres naturais)	20.219	0.184	0.372	4.520	0.268	0.431
ln(Despesas agricultura)	20.219	12.036	3.789	4.520	11.579	4.822
ln(Despesas educação cultura)	20.219	15.732	1.441	4.520	16.013	1.483
ln(ITR)	20.219	10.859	1.754	4.520	10.908	1.857
ln(Part. Agro)	20.219	0.234	0.131	4.520	0.227	0.139
ln(População)	20.219	9.367	1.144	4.520	9.546	1.331
ln(Frota Caminhões)	20.219	5.327	1.286	4.520	5.496	1.349
ln(Frota tratores rodas)	20.219	0.619	0.922	4.520	0.814	1.101

Fonte: elaborado pelo autor. **Nota:** ln representa o logaritmo natural.

É possível observar, que apesar do grupo de municípios com PSR ser menor, em média eles concentram um montante maior de recursos concedidos por programas governamentais de crédito rural, bem como, apresentam maiores despesas municipais com agricultura. Além disso, em média os municípios sem PSR, sofreram mais com a ocorrência de desastres naturais.

3.5 Metodologia

3.5.1 Estratégia empírica

Para atingir o objetivo proposto, será utilizado a abordagem quase-experimental de diferença-em-diferenças, visto que a simples comparação entre municípios participantes do PSR e não participantes poderia estar sujeita a viés de seleção, na medida que os agricultores residentes nestes municípios se auto selecionam a participar do programa.

A abordagem de Diferença-em-Diferenças (DID) é uma das estratégias empíricas mais populares para avaliação de impactos causais ex-post. Recentemente houve uma série de

publicações relevantes sobre o tema, onde foi demonstrado que as estimativas de DID comumente utilizadas, com efeitos fixos bidirecionais (TWFE) são inconsistentes nas especificações com múltiplos períodos, quando há heterogeneidade nos efeitos do tratamento e variação no tempo de tratamento (Borusyak e Jaravel, 2018; Callaway e Sant’Anna, 2021; Chaisemartin, de e D’Haultfœuille, 2020; Gardner, 2021; Goodman-Bacon, 2021; Roth *et al.*, 2022; Sant’Anna e Zhao, 2020; Sun e Abraham, 2021).

De acordo com Gardner, (2021), a presença de heterogeneidade no efeito do tratamento e variação no tempo de tratamento, leva a violação do pressuposto de exogeneidade estrita por razões distintas e não somente porque viola o pressuposto de tendências paralelas. Neste contexto a especificação do DID (Estático) com TWFE, pode levar a estimações com sinal oposto ao efeito esperado, devido a comparações inadequadas entre unidades tratadas e unidades que receberam o tratamento, mas que voltam a ser utilizadas como unidades de controle (Borusyak e Jaravel, 2018; Callaway e Sant’Anna, 2021; Goodman-Bacon, 2021; Roth *et al.*, 2022; Sant’Anna e Zhao, 2020).

No contexto do DID (Dinâmico) com TWFE, quando se utiliza *leads* e *lags* do tratamento, os coeficientes são tendenciosos na presença de heterogeneidade no efeito do tratamento, o que se dá devido à contaminação de outros *leads* e *lags* e, também, a comparações inadequadas (Borusyak e Jaravel, 2018; Sun e Abraham, 2021). Ademais, os usuais testes de verificação de tendências paralelas pré-tratamento, bem como os *lags* estimados pelo TWFE Dinâmico, podem gerar resultados enganosos, mesmo quando as tendências paralelas sejam satisfeitas em todos os períodos, ou indicar tendências paralelas pré-tratamento quando não há (Sun e Abraham, 2021).

Diante destas considerações, estudos recentes propõem estimadores alternativos robustos a heterogeneidade do tratamento e variação no tempo de tratamento. Para superar essas limitações, será utilizado o estimador proposto por Callaway; Sant’Anna, (2021) para múltiplos períodos, que consiste em estimar o efeito médio do tratamento no tempo do grupo $ATT(g, t)$, supondo que a hipótese de tendências paralelas é satisfeita condicionalmente nas variáveis observáveis no período pré-tratamento. O estimador de Callaway e Sant’Anna, permite que o efeito do tratamento possa diferir tanto por grupos de tratamento quanto ao longo do tempo. Para a identificação do $ATT(g, t)$, são necessários os seguintes pressupostos: (i) amostragem deve ser independente e identicamente distribuída, implicando que o conjunto de dados deve ter a estrutura de um painel; (ii) tendências paralelas condicionais as covariáveis, sendo necessário que os resultados médios para o grupo tratado pela primeira vez (g) e para o grupo de controle teriam seguido caminhos paralelos, na ausência de tratamento; (iii)

irreversibilidade do tratamento, ou seja, uma vez que uma unidade torna-se tratada, essa unidade também será tratada nos próximos períodos e (iv) sobreposição, que implica que se uma fração positiva da população começar a ser tratada no período g , e que, para qualquer valor possível das covariáveis, há alguma probabilidade positiva que uma unidade não seja tratada (Callaway e Sant'Anna, 2021).

Conforme Callaway; Sant'Anna, (2021), o problema da inferência causal supõe que existam T períodos em que $t = 1, \dots, T$, e D_{it} seja uma variável binária igual a 1 quando o município (i) apresenta pelo menos um agricultor segurado no PSR no ano (t) e 0 caso contrário. Define-se G_g igual a 1 quando o município com agricultores participantes do PSR é tratado pela primeira vez e 0 caso contrário. também, atribui-se a C o valor igual a 1 para os municípios sem agricultores segurados no PSR, ou seja, para unidades nunca tratadas. Portanto, para cada município da amostra, temos um G_g ou C igual a um valor unitário.

Ademais, os pesos do escore de propensão generalizado, são denotados por $p_g(X) = P(G_g = 1|X, G_g + C = 1)$, correspondendo a probabilidade de que uma unidade seja tratada, sob a condição de ter covariáveis (X) e de pertencer ao grupo de tratamento (g) ou de controle (C)¹⁸. sob os pressupostos (i - iv), o $ATT(g, t)$, pode ser estimado de forma semi-paramétrica, com os erros padrão sendo calculados por meio do procedimento de *bootstrap* para realizar uma inferência assintoticamente válida, ajustando os erros para autocorrelação e agrupamento de *clustering*. Desta forma, o efeito médio do tratamento no tempo do grupo pode ser identificado pela seguinte equação:

$$ATT(g, t) = \mathbb{E} \left[\left(\frac{G_g}{\mathbb{E}[G_g]} - \frac{\frac{p_g(X)C}{1-p_g(X)}}{\mathbb{E}[\frac{p_g(X)C}{1-p_g(X)}} \right) (Y_t - Y_{g-1}) \right] \quad (1)$$

onde Y representa a variável de resultado, os pesos p , são escores de propensão normalizados, garantindo que os grupos de tratamento e controle estejam equilibrados quanto a suas variáveis observadas. Esta abordagem é denominada pelos autores como procedimento duplamente robusto, pois combina as abordagens de Heckman et al., (1998, 1997) e Abadie, (2005), conferindo uma robustez adicional contra erros de especificações.

Por fim, os autores também fornecem um teste de tendências paralelas prévias a intervenção, que leva em consideração mais informações do que a simples checagem se

¹⁸ Para o caso em que a hipótese de tendências paralelas seja incondicional, a matriz de covariáveis (X) passa a ser uma constante.

$ATT(g, t)$, são estatisticamente significativos para o período pré-tratamento, sendo capaz de detectar um conjunto mais amplo de violações das tendências paralelas condicionais.

3.6 Resultados

Na tabela 3-3 são apresentados os resultados para o setor agrícola, bem como para os cultivos selecionados. Quanto à estrutura da tabela, nas especificações (1), (3) e (5) são apresentados os resultados para o estimador duplamente robusto, já nas especificações (2), (4) e (6) são expostos os resultados com o estimador ponderado pelo *Inverse Probability Weighting* (IPW). Ademais, todas as especificações contam com covariadas, efeito fixo de município e efeito fixo de tempo, com erros padrão clusterizado.

Os resultados para o setor agrícola, apontam que o PSR teve um impacto positivo sobre a quantidade produzida e área plantada dos municípios, sugerindo que o programa tenha contribuído para um aumento de até 33,8% na quantidade produzida¹⁹ e 39,8% na área plantada, sem impacto estatisticamente significativo na produção por hectare. No entanto, o teste de tendências paralelas prévias, apresenta um P-valor menor que 1%, indicando uma divergência nas tendências paralelas pré-tratamento entre os municípios com e sem PSR. Portanto, os resultados encontrados não podem ser atribuídos ao programa.

Tabela 3-3: Resultados

	<u>Quantidade produzida</u>		<u>Área plantada</u>		<u>Produção por hectare</u>	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Agrícola	0.265** (0.127)	0.291** (0.064)	0.335** (0.063)	0.331** (0.067)	0.051 (0.101)	0.071 (0.098)
<i>N</i>	90.269	90.269	90.269	90.269	90.269	90.269
<i>Pre-test. P-value</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Soja	-0.064 (0.107)	-0.084 (0.086)	0.010 (0.076)	-0.002 (0.075)	-0.039 (0.044)	-0.048 (0.047)
<i>N</i>	32.978	32.978	32.978	32.978	32.978	32.978
<i>Pre-test. P-value</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Milho	-0.059 (0.047)	-0.060 (0.048)	0.089** (0.035)	0.089** (0.033)	-0.074** (0.015)	-0.074** (0.016)
<i>N</i>	88.460	88.460	88.460	88.460	88.460	88.460
<i>Pre-test. P-value</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Trigo	-0.236 (0.299)	-0.039 (0.218)	-0.098 (0.173)	0.001 (0.124)	-0.087 (0.083)	-0.026 (0.075)
<i>N</i>	15.670	15.670	15.670	15.670	15.670	15.670
<i>Pre-test. P-value</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Uva	-0.063 (0.161)	-0.054 (0.172)	-0.060 (0.102)	-0.052 (0.102)	-0.004 (0.092)	-0.002 (0.091)
<i>N</i>	19.798	19.798	19.798	19.798	19.798	19.798
<i>Pre-test. P-value</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

¹⁹ Para corrigir os impactos dos coeficientes estimados, será utilizado a seguinte expressão: $100 * [\exp(\hat{\beta}) - 1]$, ver mais em (GILES, 2011).

Arroz	0.622** (0.124)	0.673** (0.137)	0.543** (0.107)	0.599** (0.121)	0.046** (0.043)	0.042 (0.043)
<i>N</i>	50.419	50.419	50.419	50.419	50.419	50.419
<i>Pre-test. P-value</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tomate	0.340 (0.633)	0.379 (0.660)	0.384 (0.601)	0.415 (0.633)	-0.059 (0.139)	-0.051 (0.130)
<i>N</i>	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550	31.550
<i>Pre-test. P-value</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000
Café	0.203** (0.053)	0.197** (0.047)	0.239** (0.042)	0.230** (0.037)	-0.019 (0.015)	-0.018 (0.015)
<i>N</i>	29.885	29.885	29.885	29.885	29.885	29.885
<i>Pre-test. P-value</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>Controles</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Modelo</i>	DR	IPW	DR	IPW	DR	IPW

Notas: O nível de significância é representado por ** $p < 0.05$; o valor entre parênteses representa o erro-padrão robusto. Onde o *Pre-test. P-value* representa o P-valor do teste de tendências paralelas prévias.

Quanto aos resultados para os cultivos selecionados, para Soja e Tomate, os coeficientes estimados não foram estatisticamente significativos. Já para as culturas de Milho, Trigo, Arroz e Café, apesar de alguns resultados apontando impactos do programa sobre as variáveis de interesse, os testes de tendências paralelas prévias, apontam que os municípios com e sem PSR, já apresentavam tendências prévias divergentes, nas trajetórias das variáveis de interesse. Diante dessas considerações, os resultados encontrados não podem ser atribuídos diretamente ao programa e, portando, devem ser interpretados com cautela.

Por fim, apesar de muitos coeficientes estatisticamente significativos encontrados, não foi possível garantir a construção de um cenário contrafactual válido, implicando que alguns dos resultados devem ser vistos com cautela, uma vez que o teste de tendências paralelas pré-tratamento não rejeitou a hipótese da existência de tendências paralelas prévias distintas das variáveis de interesse.

Esses resultados estão em linha com a meta-análise realizada por Minviel e Latruffe, (2017) que relatam que os subsídios agrícolas podem gerar efeitos ambíguos, contudo, os autores constataam que na literatura empírica o efeito global dos subsídios agrícolas na eficiência e produtividade é negativo, mas para 46% dos resultados fornecidos, o efeito é nulo (não significativo) ou mesmo positivo.

3.7 Conclusão

A literatura sobre subsídios e seguro rural indicam a existência de efeitos ambíguos sobre a produtividade e eficiência. Se por um lado, os subsídios distorcem as estruturas de incentivos para produzir com eficiência e os seguros podem alterar as atitudes em relação ao

risco. Por outro lado, ambos podem ajudar os produtores a superar as restrições financeiras que impedem a modernização, aumentando a eficiência e melhorando a capacidade produtiva.

Dentro desta perspectiva, este estudo teve como objetivo, avaliar o impacto do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) sobre a produtividade e eficiência da agricultura no Brasil, para tanto, utilizou-se a estratégia empírica de Diferença-em-Diferenças, empregando o estimador proposto por Callaway; Sant’Anna, (2021), para o horizonte temporal de 2002 a 2018. Quanto aos resultados, apesar de que para algumas estimações foram encontrados coeficientes estatisticamente significativos, não foi possível garantir a construção de um cenário contrafactual válido, indicado pelo teste de tendências paralelas prévias. Desta forma, não foi possível concluir que o PSR tenha influenciado a produtividade e eficiência da agricultura no Brasil.

Realizar uma avaliação de impacto de uma política pública como o PSR é sempre um grande desafio, principalmente por não possuir um caráter experimental. Ademais, as limitações dos dados possibilitaram trabalhar somente com informações em nível municipal, sendo que o ideal, seria realizar as estimações em nível de propriedades rurais. Neste contexto, as divergências nas tendências paralelas das variáveis de interesse no período pré-tratamento, já eram esperadas. Contudo, apesar das limitações, acredita-se que o presente trabalho contribui com essa importante temática, dada a falta de trabalhos empíricos que investigam a relação dos subsídios ao seguro rural sobre a produtividade e eficiência da agricultura Brasileira.

3.8 Referências

- A ABADIE. Semiparametric difference-in-differences estimators. **The Review of Economic Studies**, v. 72, n. 1, p. 1–19, 2005.
- ADAMI, A.; OZAKI, V. Modelagem estatística dos prêmios do seguro rural. **Revista de Política Agrícola**, v. 21, n. 1, p. 60–75, 2012.
- BARNETT, B. J. The U.S. federal crop insurance program. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v. 48, n. 4, p. 539–551, 2000.
- BARROS, A. M. *et al.* **Seguro Agrícola no Brasil Uma visão estratégica de sua importância para a Economia brasileira**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/observatorio-do-seguro-rural/estudos/estudos-2012-1/seguro-agricola-no-brasil-uma-visao-estrategica-mb-agro.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2022.
- BCB, B. C. DO B. **PROAGRO PROGRAMA DE GARANTIA DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA Página 2 PRINCIPAIS CUIDADOS A SEREM TOMADOS PARA GARANTIR O DIREITO À INDENIZAÇÃO • NA FASE DE CONTRATAÇÃO DA OPERAÇÃO DE CRÉDITO RURAL**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/content/estabilidadefinanceira/proagro_docs/resumo_instrucoes_Proagro.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.
- BORUSYAK, K.; JARAVEL, X. Revisiting Event Study Designs. **SSRN Electronic Journal**, 2018.

- CALLAWAY, B.; SANT'ANNA, P. H. C. Difference-in-Differences with multiple time periods. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 200–230, 1 dez. 2021.
- CHAISEMARTIN, C. DE; D'HAULTFŒUILLE, X. Two-Way Fixed Effects Estimators with Heterogeneous Treatment Effects. **American Economic Review**, v. 110, n. 9, p. 2964–2996, 1 set. 2020.
- CLAASSEN, R.; LANGPAP, C.; WU, J. Impacts of federal crop insurance on land use and environmental quality. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 99, n. 3, p. 592–613, 1 abr. 2017.
- CNA. **Guia de Seguros Rurais**. Disponível em: <<https://cnabrazil.org.br/publicacoes/guia-de-seguros-rurais-2020>>. Acesso em: 5 out. 2022.
- DICK, W. J.; WEIJING WANG. Government interventions in agricultural insurance. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 1, p. 4–12, 2010.
- EMBAYE, W.; BERGTOLD, J.; SCHWAB, B. Effect of crop insurance on farm productivity of Kansas farms, US. 2017.
- FERREIRA, A. L. C. J.; ROCHA FERREIRA, L. DA. Experiências internacionais de seguro rural: as novas perspectivas de política agrícola para o Brasil. **Econômica**, v. 11, n. 1, 2009.
- FORNAZIER, A.; SOUZA, P. M. DE; PONCIANO, N. J. A importância do seguro rural na redução de riscos da agropecuária. **Revista de Estudos Sociais**, v. 14, n. 28, p. 52, 2012.
- GARDNER, J. **Two-stage differences in differences**. [s.l: s.n.]. . Acesso em: 21 jun. 2022.
- GILES, D. E. Interpreting Dummy Variables in Semi-logarithmic Regression Models: Exact Distributional Results. **University of Victoria Department of Economics Working Paper EWP 1101**, p. 1–24, 2011.
- GOODMAN-BACON, A. Difference-in-differences with variation in treatment timing. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 254–277, 1 dez. 2021.
- GUIMARÃES, M. F.; NOGUEIRA, J. M. A experiência norte-americana com o seguro agrícola: lições ao Brasil? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, p. 27–58, 2009.
- HECKMAN, J. *et al.* Characterizing selection bias using experimental data. 1998.
- HECKMAN, J.; ICHIMURA, H. Matching as an econometric evaluation estimator: Evidence from evaluating a job training programme. **The review of economic studies**, v. 64, n. 4, p. 605–654, 1997.
- IBGE. **Área agrícola cresce em dois anos e ocupa 7,6% do território nacional**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/27207-area-agricola-cresce-em-dois-anos-e-ocupa-7-6-do-territorio-nacional>>. Acesso em: 4 out. 2022.
- JENSEN, N.; CHRISTOPHER, B. Agricultural index insurance for development. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 39, n. 2, p. 199–219, 1 jun. 2017.
- LAVORATO, M.; BRAGA, M. Assessing the effects of premium subsidies on crop insurance demand: An analysis for grain production in Southern Brazil. 2018.
- MACEDO, L. O. B.; ADRIANO BICIANO PACHECO; ELLEN SOUZA DO ESPÍRITO SANTO. A evolução do Programa de Subvenção do Prêmio do Seguro Rural: uma avaliação do período 2006-10. **Indicadores Econômicos FEE**, 2013.
- MAPA. **SISSER - Atlas do Seguro Rural**. Disponível em: <<https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/SISSER/SISSER.html>>. Acesso em: 4 out. 2022a.
- _____. **Raio X do PSR - Relatório 2021**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/dados/relatorios/relatorio-geral-psr-2021-final.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2022b.
- MAPA, M. DA A. P. E A. **Legislação - PSR**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/legislacao>>. Acesso em: 17 out. 2022.

- MEDEIROS, E. A. Avaliação da implementação do programa de subvenção do prêmio do Seguro Rural. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, p. 295–308, 2013.
- MIAO, R.; HENNESSY, D.; RESOURCE, H. F. The effects of crop insurance subsidies and Sodsaver on land-use change. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, p. 247–265, 2016.
- MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Orçamento Anual de 2022 - Brasil**. Disponível em: <<https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/orcamento/orcamentos-anuais/2022>>. Acesso em: 4 out. 2022.
- MINISTÉRIO DA FAZENDA. **Avaliação do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/boletim-de-avaliacao-de-politicas-publicas/arquivos/2016/avaliacao-do-psr_seae_2016.pdf/@download/file/avaliacao-do-psr_seae_2016.pdf>. Acesso em: 18 out. 2022.
- MINVIEL, J.; LATRUFFE, L. Effect of public subsidies on farm technical efficiency: a meta-analysis of empirical results. **Applied Economics**, v. 49, n. 2, p. 213–226, 8 jan. 2017.
- MIQUELETO, G. J. **Contribuições para o desenvolvimento do seguro agrícola de renda para o Brasil: evidências teóricas e empíricas**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2011.
- MIRANDA, M. J.; FARRIN, K. Index insurance for developing countries. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 34, n. 3, p. 391–427, set. 2012.
- OZAKI, V. Análise espacial da produtividade agrícola no Estado do Paraná: implicações para o seguro agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, p. 869–889, 2008.
- _____. 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**, v. 48, p. 495–514, 2010.
- _____. Qual o custo governamental do seguro agrícola? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, p. 123–136, 2013.
- OZAKI, V. A. Métodos atuariais aplicados à determinação da taxa de prêmio de contratos de seguro agrícola: um estudo de caso. **Universidade de São Paulo**, v. 14, 2005.
- RAMOS, R. C. O seguro rural no Brasil: origem, evolução e proposições para aperfeiçoamento. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 3, p. 5–16, 2009.
- ROSA, G. S.; CHAVES, F. D. S. **Dez anos do Programa de Subvenção ao Prêmio de Seguro Agrícola: proposta de índice técnico para análise do gasto público e ampliação do seguro**, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7718>>. Acesso em: 18 out. 2022.
- ROTH, J. *et al.* **What's Trending in Difference-in-Differences? A Synthesis of the Recent Econometrics Literature**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2201.01194v2>>. Acesso em: 21 maio. 2022.
- SANT'ANNA, P. H. C.; ZHAO, J. Doubly robust difference-in-differences estimators. **Journal of Econometrics**, v. 219, n. 1, p. 101–122, 1 nov. 2020.
- SANTOS, G. R. DOS; SOUZA, A. G.; ALVARENGA, G. **Seguro agrícola no Brasil eo desenvolvimento do programa de subvenção ao prêmio** Texto para Discussão, 2013. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/handle/10419/121506>>. Acesso em: 17 out. 2022.
- SCHNEPF, R. US farm support: Compliance with WTO commitments. **everycrsreport.com**, 2019.
- SIHEM, E. Agricultural insurance-agricultural productivity nexus: Evidence from international data. **Journal of Service Science Research**, v. 9, n. 2, p. 147–178, dez. 2017.
- SILVA, J. A.; TEIXEIRA, M. DO S.; SANTOS, V. G. Avaliação do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural–2005 a 2012. **Revista de Política Agrícola**, v. 23, n. 1, p. 105–118, 2014.
- SPORRI, M. *et al.* The impact of crop insurance on the economic performance of Hungarian cropping farms. 2012.

- SUN, L.; ABRAHAM, S. Estimating dynamic treatment effects in event studies with heterogeneous treatment effects. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 175–199, 1 dez. 2021.
- TABOSA, F. J. S.; FILHO, J. E. R. V. **Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR): avaliação de impacto na área plantada e na produtividade agrícola no Brasil**. [s.l.: s.n.].
- USDA. **Use of crop insurance on U.S. farms continues to grow**. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/gallery/chart-detail/?chartId=79141>>. Acesso em: 4 out. 2022.
- WEBER, J. G.; KEY, N.; O'DONOGHUE, E. Does federal crop insurance make environmental externalities from agriculture worse? **Journal of the Association of Environmental and Resource Economists**, v. 3, n. 3, p. 707–742, 1 set. 2016.
- XU, J.; PU, L. I. A. O. Crop insurance, premium subsidy and agricultural output. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 13, n. 11, p. 2537–2545, 2014.
- YOUNG, C.; VANDEVEER, M.; SCHNEPF, R. Production and price impacts of US crop insurance programs. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 85, n. 3, p. 1196–1203, 2001.

4 SEGURO RURAL E MEIO AMBIENTE: OS IMPACTOS DO PROGRAMA DE SUBVENÇÃO AO PRÊMIO DO SEGURO RURAL

Resumo

O objetivo deste estudo é avaliar o impacto do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) sobre as infrações ambientais. Para tanto, utilizou-se a abordagem empírica de inferência causal de Séries Temporais Estruturais Bayesianas (BSTS), para o período de 1996 a 2018. Os resultados apontam que o PSR contribuiu para redução das infrações ambientais relacionadas a atividade agropecuária, insumos agrícolas e recursos hídricos. Por outro lado, há indícios que o programa contribuiu para um aumento nas infrações de desmatamento e queimadas.

Palavras-chave: Meio Ambiente, Seguro Rural, Análise Bayesiana.

JEL Classificação: Q51, G22, C11.

Abstract

The objective of this study is to evaluate the impact of the Rural Insurance Award Grant Program (PSR) on environmental infractions. Therefore, we used the empirical approach of causal inference of Bayesian Structural Time Series (BSTS), for the period from 1996 to 2018. The results indicate that the PSR contributed to reduce environmental infractions related to agricultural activity, agricultural inputs, and water resources. On the other hand, there are indications that the program contributed to an increase in deforestation and burning infractions.

Keywords: Environmental, Rural Insurance, Bayesian Analysis.

JEL Classification: Q51, G22, C11.

4.1 Introdução

A agropecuária é uma atividade altamente dependente dos eventos climáticos, sanitários e, também, da volatilidade dos preços dos insumos e produtos, gerando um grau maior de incerteza em torno da produção. Consequentemente, esse fato contribui para a uma maior aceitação de intervenções governamentais com objetivos de conferir maior segurança aos produtores. Contudo, essas intervenções podem gerar efeitos ambientais não intencionais.

Neste contexto, diferentemente dos programas de crédito rural onde as externalidades são mais conhecidas e investigadas, no seguro rural os efeitos não intencionais ainda são em partes desconhecidos, principalmente no caso do Brasil, que embora o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) opere desde 2006, não foram encontrados estudos de avaliação de seus impactos sobre o meio-ambiente.

Estudos que investigam a relação entre seguro rural e meio-ambiente, apontam que o seguro rural é um importante instrumento capaz de auxiliar os produtores avessos ao risco a introduzirem novas tecnologias mais produtivas e sustentáveis ao compartilhar os riscos da produção com as seguradoras. Contudo, dependendo da estrutura do programa de seguro e do grau da assimetria de informação, as políticas governamentais de subsídios a apólices de seguro rural apresentam o potencial de induzir comportamentos oportunistas (risco moral), desincentivando a adoção de estratégias de manejo adequadas, sub ou sobre utilizando insumos (fertilizantes ou defensivos), reduzindo áreas irrigadas e outros esforços produtivos, até mesmo sabotando a própria atividade desenvolvida na perspectiva de receber indenizações. (CAPITANIO; ADINOLFI; SANTERAMO, 2015; HARFUCH; DANTAS LOBO, 2021).

No que se refere ao meio-ambiente, só recentemente alguns programas de seguro rural, estão introduzindo condicionantes ambientais relacionados a boas práticas agropecuárias (HARFUCH; DANTAS LOBO, 2021; PFEIFER; LANGEN, 2021). Nesta perspectiva, iniciativas desenvolvidas nos EUA e Índia se destacam, beneficiando produtores que produzem culturas com objetivos de conservação e melhorias do solo, eficiência do uso da água, redução de pragas e produção orgânica (HARFUCH; DANTAS LOBO, 2021).

É importante destacar, que no Brasil os beneficiários do programa de subvenção federal ao prêmio do seguro rural (PSR) e Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) devem seguir as recomendações do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), que consiste em um instrumento da política agrícola brasileira, que apesar de não exigir ações relacionadas diretamente com a proteção ambiental, auxiliam os produtores rurais a minimizar

os riscos relacionados a fenômenos climáticos adversos, auxiliando o planejamento da safra, utilização de tecnologias mais adequadas e práticas de manejo e conservação dos solos.

Compreender os impactos não intencionais do PSR é essencial para o aprimoramento do programa e condução a uma agropecuária mais sustentável. Para preencher essa lacuna, este estudo tem como objetivo fornecer um primeiro conjunto de evidências empíricas acerca dos impactos do PSR sobre as infrações ambientais no Brasil. Para atingir o objetivo proposto, foi realizado um cruzamento das informações de autos de infrações aplicados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com as informações de produtores rurais subvencionados no Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural, para o período de 1996 a 2018. Ademais, para superar as limitações provenientes do conjunto de dados, que fornece apenas informações para os produtores infratores beneficiários do PSR, utilizou-se a abordagem de Séries Temporais Estruturais Bayesianas (BSTS) proposta por (BRODERSEN *et al.*, 2015).

Além desta introdução, o estudo foi dividido da seguinte forma: na seção 4.2 é feita a revisão bibliográfica, abordando as temáticas de produção agropecuária meio ambiente e seguro rural, onde são relatados estudos empíricos referentes aos impactos dos programas de seguro rural sobre meio ambiente. Na seção 4.3 são apresentados os dados e suas respectivas fontes. Na seção 4.4 é feita uma breve análise exploratória dos dados. já na seção 4.5, é exposta a estratégia empírica. Na seção 4.6 são apresentados e discutidos os resultados encontrados. Por fim, na seção 4.7 são reportadas as considerações finais.

4.2 Revisão de Literatura

4.2.1 Setor Agropecuário e Meio Ambiente

O agronegócio é um dos setores mais dinâmicos do Brasil e representa parte importante da economia brasileira, respondendo por cerca de 26% do PIB no ano de 2020, o que em termos monetários equivale a aproximadamente R\$ 2 trilhões (CNA, 2021). Conforme as informações do plano safra 2020/2021, foram aplicados R\$239,38 bilhões em programas de incentivos ao setor agropecuário, deste total R\$236,3 bilhões foram destinados a programas de crédito rural, R\$1,3 bilhões para o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural e R\$1,78 bilhões a programas de apoio à comercialização (MAPA, 2021).

Contudo, apesar de existir um consenso da necessidade de uma agenda que viabilize o desenvolvimento sustentável do agronegócio brasileiro, ainda há poucas medidas concretas para este fim. Países como EUA, contam com leis de conservação ambiental vinculadas a atividade agropecuária desde 1996, sendo que a partir de 2014, a nova Lei agrícola condicionou os subsídios de seguro rural a práticas de conservação ambiental (FARM BILL, 1996). Cabe destacar que os EUA, também possuem programas de pagamentos associados à conservação ambiental, onde recompensa o produtor pelo custo de oportunidade de não desenvolver atividades econômicas mantendo o meio ambiente conservado e/ou adotando boas práticas de produção (USDA ERS; 2014).

No Brasil o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), é previsto desde 2012 pelo art. 41, do Código Florestal brasileiro Lei nº 12.651/2012, onde o poder público federal prevê a possibilidade de promover programas de PSA como retribuição às atividades de conservação e melhoria de ecossistemas, contemplando também, programas de obtenção de crédito agrícola com taxas de juros menores e condições especiais para contratação de seguro rural (PARRON et al., 2015). Contudo, só recentemente em 2021, pela Lei nº 14.119/2021, foram definidos os objetivos, diretrizes, ações e critérios de implantação da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) e instituídos: o Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (CNPSA) e o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA).

No que tange a condicionantes ambientais para acesso a programas de crédito rural no Brasil, a resolução nº 140, de 15 de setembro de 2021, do Banco Central do Brasil, estabeleceu novos critérios de impedimentos sociais, ambientais e climáticos para os tomadores de crédito, impondo algumas restrições ao acesso de programas de crédito rural para os proponentes com empreendimento inserido em unidade de conservação; empreendimentos cuja área esteja inserida em terras indígenas ou terras ocupadas e tituladas por remanescentes das comunidades de quilombos (não se aplicando a indígenas e quilombolas) e empreendimento situado no Bioma Amazônia, caso exista embargo vigente decorrente de uso econômico de áreas desmatadas ilegalmente, conforme divulgado pelo Ibama e Incra.

Apesar dos avanços, ainda são necessárias medidas mais concretas e exigências de contrapartidas dos proponentes quanto as questões ambientais, dado que as medidas atuais ainda são insuficientes para impedir que parte dos recursos de programas governamentais acabem financiando atividades de desmatamento e consolidando empreendimentos em áreas desmatadas.

4.2.2 Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR)

Criado em 2003 pela Lei nº 10.823 e regulamentado em 2004 pelo Decreto nº 5.121, o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) do Governo Federal foi plenamente operacionalizado somente em 2006. O PSR consiste em subsidiar parte dos custos financeiros da contratação de apólices de seguro rural e tem como objetivos, promover o acesso ao seguro rural garantindo a estabilidade da renda do empreendimento agropecuário e fomentando à modernização e a utilização de tecnologias adequadas (CNA, 2020; SANTOS; SILVA, 2017).

O público-alvo do PSR são os produtores rurais, pessoa física ou pessoa jurídica, que cultive ou produza espécies cobertas pelo programa. Para ter acesso à subvenção, o produtor rural por meio da seguradora submete sua proposta a apreciação do Departamento de Gestão de Riscos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (DEGER/MAPA), que irá analisar o pedido, consoante as normas estabelecidas no Plano Trienal do Seguro Rural (PTSR) gerido pelo Comitê Gestor Interministerial do Seguro Rural (CGSR), a depender de critérios como limites de recursos disponíveis para a cultura pretendida ou produtor, adimplência junto ao Cadastro Informativo de créditos não quitados do setor público federal (Cadin) e aderência aos critérios de Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)²⁰, o pedido de subvenção pode ser acolhido, e o pagamento da subvenção será efetuado diretamente a seguradora. Por último, a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) vinculada ao MAPA fica responsável pela fiscalização das áreas de produção rural beneficiadas observando as condições estabelecidas pelo programa (CNA, 2020).

Os produtores podem receber subvenções para mais de uma modalidade de seguro contratado (agrícola, pecuária ou florestal) independentemente do tipo de seguro (Seguro de Custeio, Produtividade ou Receita) ou da forma de contratação das coberturas (seguros multirriscos ou riscos nomeados), desde que a soma dos benefícios não ultrapasse os limites de subvenção estabelecidos. Além disso, não há restrições quanto a complementaridade das subvenções federais com subvenções concedidas por programas de seguro rural das esferas estaduais e municipais²¹. No entanto, o produtor não pode subvencionar uma lavoura em que

²⁰ O ZARC é um importante instrumento da política agrícola de gestão de riscos, que consiste em um estudo agrometeorológico que delimita regiões de produção, identificando a melhor época de plantio das culturas, nos diferentes tipos de solo, auxiliando produtores rurais a minimizar os riscos relacionados a fenômenos climáticos adversos. Ver mais informações em: [Observatório Acadêmico do ZARC](#).

²¹ Atualmente os estados de São Paulo e Paraná, bem como os municípios de Louveira/SP, Itatiba/SP, Itupeva/SP, Mogi das Cruzes/SP, contam com seus próprios programas de subvenção ao prêmio do seguro rural (MAPA, 2022)

tenha operações de crédito enquadradas no Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO) (CNA, 2020; SANTOS; SILVA, 2017).

Quanto às fiscalizações das áreas de produção rural beneficiadas, a Resolução nº32, de 23 de outubro de 2013, estabelece que sejam realizadas por amostragem probabilística, conduzidas pela Secretaria-Executiva do CGSR, considerando critérios como valor da subvenção e o tamanho da amostra. A frequência das fiscalizações é quadrimestral com base no ano civil e por regra, são realizadas sem aviso. Durante as fiscalizações são feitas marcações de coordenadas geográficas das áreas seguradas, são obtidos registros fotográficos, verifica-se se o produtor cultivou a cultura na área indicada na apólice sendo emitido um laudo da vistoria. Ademais, são realizadas fiscalizações para apuração de denúncias de irregularidades. Por fim, em caso de sinistro, a seguradora fica responsável pela perícia, enviando um perito com registro no Cadastro Nacional dos Encarregados dos Serviços de Comprovação de Perdas do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (CNEC) para realizar as vistorias (MAPA, 2022).

A fiscalização das áreas seguradas pode ser um importante mecanismo com potencial de inibir as infrações ambientais, mesmo que sua finalidade seja apenas comprovar as informações declaradas na contratação do PSR ou PROAGRO.

4.2.3 Relação entre seguro rural e externalidades ambientais

A atividade agropecuária é altamente dependente dos eventos climáticos, o que gera um grau maior de incerteza em torno da produção. Consequentemente, este fato contribui para a uma maior aceitação de intervenções governamentais com objetivos de conferir maior segurança aos produtores. No entanto, algumas intervenções acabam por alterar as estruturas de incentivos de produzir de forma eficiente, gerando efeitos ambientais não intencionais.

De acordo com Capitanio; Adinolfi; Santeramo, (2015) os primeiros estudos nos EUA a investigar a relação entre seguros rurais e risco moral quanto a utilização de insumos para produção, sugeriram que o seguro rural alteraria a percepção e o comportamento de riscos dos produtores rurais (AHSAN; ALI; KURIAN, 1982; POPE, 1979). Posteriormente, Quiggin, (1992) desenvolve um modelo apresentando as condições nas quais o seguro rural na presença de risco moral levaria a uma redução no uso de insumos. Por outro lado, Horowitz; Lichtenberg, (1993) sugerem que o seguro rural aumentaria significativamente a utilização de agroquímicos, porque os produtores adotariam práticas de produção mais arriscadas na tentativa de alavancar a rentabilidade esperada, o que poderia aumentar a probabilidade de indenizações.

Além disso, diversos estudos apontam que os programas de subvenções dos seguros rurais alteram o comportamento dos produtores, gerando incentivos para o cultivo das culturas cobertas em relação às demais, encorajando os produtores a expandirem a produção para terras marginais (BABCOCK; HENNESSY, 1996; GOODWIN 2003; GOODWIN; GLAUBER; COLLINS, 2002; VANDEVEER; DEAL, 2004; WALTERS et al., 2012; WU, 1999; YOUNG et al., 2001). Essas mudanças de comportamento podem gerar impactos ambientais, devido a sub ou sobre utilização de fertilizantes, pesticidas e outros agroquímicos, que com o processo de erosão e lixiviação levaria a contaminação dos recursos hídricos (CLAASSEN; LANGPAP; WU, 2017).

Estudos empíricos recentes como Tang; Luo, (2021) para China, encontram evidências que agricultores segurados apresentam maior probabilidade de aplicarem pesticidas biológicos e reduzir a utilização de pesticidas químicos²², indicando que o seguro rural pode aumentar a importância relativa dos defensivos biológicos gerando externalidades positivas ao meio ambiente. Também para China, Niu; Yi; Chen, (2022) mostraram que o seguro rural contribuiu para o agravamento da poluição por fontes de fertilizantes agrícolas.

Já HE et al., (2020) utilizando dados de produtores de milho das Filipinas, encontrou evidências que o seguro rural aumentou a utilização de insumos químicos como fertilizantes e agroquímicos. Deryugina; Konar (2017) utilizando dados de retiradas de água dos aquíferos subterrâneos nos EUA, avaliaram os impactos do seguro rural sobre o consumo de água em irrigações, os resultados encontrados indicam que o seguro rural leva a um aumento das retiradas de água para irrigação, o que pode ser explicado por aumento de cultivos irrigados e culturas mais intensivas em água ou para atender os requisitos das apólices de seguros e reduzir custos agrícolas. Sob a mesma ótica, Ghosh et al., (2021) encontram resultados que apontam que aumentos nos subsídios do prêmio do seguro rural, conduz a maiores retiradas de água doce para irrigação nos EUA.

Em geral, os impactos do seguro rural sobre o meio ambiente advêm em grande parte das relações técnicas ligadas a qualidade do solo, práticas de produção, utilização de insumos agrícolas, erosão, lixiviação e perda de habitat animal (CAPITANIO; ADINOLFI, 2009). Contudo, ainda não há um consenso dos impactos dos programas de seguro rural sobre o meio ambiente, principalmente no caso do Brasil, onde não foram encontradas avaliações dos impactos ambientais do programa de subvenção ao prêmio do seguro rural.

²² Pesticidas biológicos são menos poluentes e mais seguros para o meio ambiente, quando comparados aos pesticidas químicos Tang; Luo, (2021)

4.3 Dados

Para realização deste estudo, foram utilizadas informações agregadas em nível nacional para o período de 1996 a 2018. O conjunto de dados utilizados é resultado do cruzamento de autos de infrações ambientais aplicados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com as informações de produtores rurais subvencionados no PSR, coletadas do Sistema de Informação da Subvenção ao Seguro Rural (SISSER).

O cruzamento destas informações públicas se deu em duas etapas: na primeira etapa, os infratores e os produtores subvencionados foram cruzados por meio dos dígitos disponíveis do Cadastro de Pessoa Física (CPF)²³ e do Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ). Na segunda etapa, foi aplicado um algoritmo de similaridade dos nomes dos infratores e segurados, deixando somente os produtores subvencionados pelo PSR. Portanto, o conjunto de dados resultantes, contém informações dos agricultores e empresas seguradas subvencionados no âmbito do PSR que cometeram infrações ambientais. Ademais, somente os produtores que cometeram infrações em pelo menos dois períodos são considerados, ou seja, aqueles que cometeram infrações no período pré-intervenção, entre os anos de 1996 e 2005, e posteriormente voltaram a cometer infrações no período pós-intervenção, entre os anos 2006 e 2018.

Por fim, os dados foram agregados em nível nacional, obtendo os totais por tipo de infração²⁴, e complementados com um conjunto de covariáveis. Na tabela 4-1 são apresentadas as variáveis utilizadas e suas respectivas fontes.

Tabela 4-1: Descrição das variáveis utilizadas e suas respectivas fontes

Legenda	Descrição	Fonte
<u>Variáveis dependentes</u>		
Autos de infrações dos subvencionados no PSR	Infrações relacionadas a agropecuária; insumos agrícolas (fertilizantes, defensivos agrícolas e outros); recursos hídricos; fauna; flora, desmatamento e queimadas.	IBAMA
Autos de infrações placebos	Idem ao anterior, porém, somente infrações cometidas por pessoas e empresas sem ligação com o PSR	IBAMA
<u>Variáveis de controle</u>		
Comércio Agrotóxicos	Comercialização de agrotóxicos e afins em toneladas de ingrediente ativo, obtido do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)	IBAMA

²³ Nos dados de autos de infrações do IBAMA, dos 11 dígitos do CPF são apresentados 6, como neste exemplo ***.456.789-**, já os CNPJs são apresentados todos os 14 dígitos. Nos dados do PSR, são apresentados 8 dígitos dos CPFs ***.456.789-01 e 11 dígitos dos CNPJs.

²⁴ Para categorizar as infrações foram utilizadas um conjunto de palavras chaves, disponível no apêndice.

Qtd. Arrecadação	Arrecadação de multas por bens tutelados - IBAMA	IBAMA
Licenças Ambientais	Licenças ambientais emitidas - IBAMA	IBAMA
Valores Arrecadados	Valores de fato arrecadados pelo Ibama, ou seja, a soma de taxas, contribuições e outras fontes de recursos arrecadadas - IBAMA	IBAMA
Qtd. Produzida	Quantidade produzida das culturas subvencionadas pelo PSR, obtidos da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM).	PAM
Área Plantada	Área plantada em hectares das culturas subvencionadas pelo PSR - PAM.	PAM
Área Colhida	Área Colhida em hectares das culturas subvencionadas pelo PSR - PAM.	PAM
Valor Produção	Valor da produção das culturas subvencionadas pelo PSR - PAM.	PAM
Produção Bovinos	Rebanho bovino, obtidos da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM).	PPM
Produção Aves	Efetivo de galináceos (galinhas) - PPM.	PPM
Produção Suínos	Efetivo de suínos - PPM.	PPM
Crédito Rural	Estoque de crédito rural, obtidos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).	IPEA
Contratos Crédito Rural	Número de contratos firmados em programas de crédito rural – IPEA.	IPEA
PIB	Produto interno bruto (PIB) em valores correntes – IPEA.	IPEA
Importações	Valor das importações em US\$ (FOB) – IPEA.	IPEA
Exportações	Valor das exportações em US\$ (FOB) – IPEA.	IPEA
Crescimento PIB	Taxa de crescimento do PIB, coletado do Banco Mundial.	WB
Investimento Estrangeiro	Investimento estrangeiro direto, ingressos líquidos em US\$ - Banco Mundial.	WB
População	População total; crescimento da população e densidade populacional - Banco Mundial.	WB
Área de Floresta	Área florestal (km²) - Banco Mundial.	WB
Consumo Eletricidade	Consumo de energia elétrica (kWh per capita) - Banco Mundial.	WB
Expectativa de vida	Expectativa de vida no nascimento - Banco Mundial.	WB
Celular por habitantes	Taxa de assinatura de telefone móvel por 1.000 habitantes - Banco Mundial.	WB

Fonte: elaborado pelos autores. **Notas:** a seleção destas variáveis se deu por critério teórico e pelo grau de importância explicativa no modelo.

Quanto aos valores *missings*, foi utilizada a abordagem de Deng; Lumley, (2021), aplicando o estimador *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost) para imputar os valores faltantes da variável (Comércio de Agrotóxicos) para os anos de 1996 a 1999 e 2007 a 2008.

É importante destacar que os autos de infrações apresentam algumas limitações, sendo a principal delas relacionadas a impossibilidade dos órgãos governamentais de identificar e autuar todos os crimes ambientais, implicando que desconhecemos o total de produtores subvencionados e não subvencionados que geraram externalidades negativas ao meio-ambiente.

4.3.1 Análise Exploratória dos dados

Nesta seção, é realizada uma investigação do conjunto de dados resultante do cruzamento das informações do PSR com os autos de infrações lavrados pelo IBAMA. O objetivo é levantar as características das apólices de seguro e das infrações cometidas pelos produtores subvencionados pelo PSR.

Tabela 4-2: Estatísticas do seguro rural por ano

Ano	Apólices	Prêmio (R\$ milhões)	Subvenção (R\$ milhões)	Indenizações (R\$ milhões)	Área Segurada (há mil)	Produção (t milhões)
2006	45	R\$ 0.37	R\$ 0.18	R\$ 0.01	13.88	0.44
2007	41	R\$ 0.53	R\$ 0.25	R\$ 0.01	10.78	0.88
2008	180	R\$ 4.56	R\$ 2.29	R\$ 1.11	73.36	1.64
2009	130	R\$ 3.74	R\$ 2.16	R\$ 3.11	57.15	1.24
2010	68	R\$ 4.78	R\$ 2.40	R\$ 18.45	47.80	0.89
2011	102	R\$ 4.68	R\$ 2.44	R\$ 1.82	52.68	3.85
2012	49	R\$ 2.27	R\$ 1.22	R\$ 0.34	35.10	0.31
2013	101	R\$ 6.65	R\$ 3.33	R\$ 6.66	71.01	0.46
2014	154	R\$ 13.38	R\$ 7.34	R\$ 11.09	277.50	1.38
2015	17	R\$ 0.49	R\$ 0.29	R\$ 0.26	3.93	0.08
2016	73	R\$ 7.55	R\$ 3.09	R\$ 10.81	78.23	2.02
2017	49	R\$ 3.72	R\$ 1.59	R\$ 1.40	24.67	0.48
2018	96	R\$ 8.11	R\$ 3.47	R\$ 6.77	58.18	1.23
2019	79	R\$ 7.92	R\$ 2.84	R\$ 5.47	110.01	2.97
2020	100	R\$ 12.16	R\$ 3.72	R\$ 2.09	56.32	5.07
2021	71	R\$ 6.48	R\$ 2.09	R\$ 0.00	22.99	0.67
Total	1343	R\$ 87.38	R\$ 38.70	R\$ 69.39	993.60	23.63

Fonte: Elaborado pelo autor. **Nota:** as estatísticas correspondem somente ao grupo de produtores subvencionados no PSR, autuados por infrações ambientais no ano em que receberam a subvenção Federal.

A série histórica apresentada na Tabela 4-2, indica que nos anos de 2008, 2009 e 2014, foram os períodos com maiores quantidades de apólices subvencionadas por produtores autuados pelo IBAMA. Quanto aos valores pagos às seguradoras, ou seja, o prêmio do seguro, nos anos de 2014 e 2020, o prêmio atingiu seus valores máximos de R\$13.37 e R\$12.16 milhões de reais respectivamente. No mesmo sentido, observa-se que, também, nos anos de 2014 e 2020, foram os períodos em que os produtores infratores receberam maiores subvenções, com valores de 7.35 e 3.72 milhões de reais respectivamente. Já em relação a indenizações provenientes de sinistros, os anos de 2010, 2014 e 2016, foram os períodos com maiores indenizações, com valores na casa de 18.44, 11.09 e 10.81 milhões de reais respectivamente. Com relação a área segurada, 2014 e 2019 foram os anos com maiores demandas. No que se refere a produtividade

segurada, os anos de 2020, 2011 e 2019, foram os períodos com maiores níveis de cobertura da produtividade com 5.07, 3.85 e 2.96 milhões de toneladas seguradas respectivamente.

Tabela 4-3: Estatísticas do seguro rural por unidades da Federação

UF	Apólices	Prêmio (R\$ milhões)	Subvenção (R\$ milhões)	Indenizações (R\$ milhões)	Área Segurada (há mil)	Produção (t milhões)
PR	352	R\$ 13.69	R\$ 6.29	R\$ 7.37	107.63	2.64
RS	267	R\$ 20.68	R\$ 9.77	R\$ 25.77	136.05	3.88
MT	159	R\$ 12.18	R\$ 5.41	R\$ 10.24	181.29	0.92
MS	155	R\$ 12.85	R\$ 5.72	R\$ 4.49	157.48	0.87
GO	116	R\$ 11.19	R\$ 4.45	R\$ 12.90	276.49	1.64
BA	83	R\$ 6.35	R\$ 2.74	R\$ 5.90	52.20	0.41
SC	79	R\$ 2.78	R\$ 1.45	R\$ 0.95	18.41	5.04
SP	52	R\$ 1.92	R\$ 0.73	R\$ 0.20	17.37	6.65
MG	34	R\$ 2.43	R\$ 0.97	R\$ 0.88	22.18	1.35
TO	26	R\$ 1.77	R\$ 0.59	R\$ 0.00	12.93	0.10
MA	12	R\$ 0.58	R\$ 0.27	R\$ 0.00	5.09	0.05
PI	6	R\$ 0.31	R\$ 0.12	R\$ 0.68	2.95	0.03
SE	4	R\$ 0.48	R\$ 0.12	R\$ 0.00	1.61	0.04
ES	3	R\$ 0.01	R\$ 0.00	R\$ 0.00	0.07	0.00
CE	2	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00	0.00	0.00
PE	2	R\$ 0.03	R\$ 0.01	R\$ 0.00	0.80	0.00
AC	1	R\$ 0.01	R\$ 0.00	R\$ 0.00	0.55	0.00
PA	1	R\$ 0.11	R\$ 0.04	R\$ 0.00	0.51	0.00
Total	1343	R\$ 87.38	R\$ 38.70	R\$ 69.39	993.60	23.63

Fonte: Elaborado pelo autor. **Nota:** as estatísticas correspondem somente ao grupo de produtores subvencionados no PSR, autuados por infrações ambientais no ano em que receberam a subvenção Federal.

No contexto das infrações por Unidades da Federação na tabela 4-3, percebe-se que as UFs com maior número de apólices de seguros contratadas por produtores autuados pelo IBAMA, se destacam Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS) seguidos de Mato Grosso (MT) e Mato grosso do Sul (MS). Cabe destacar, que de acordo com os dados do atlas do seguro rural²⁵, os estados com mais apólices são Paraná com 38,32%; Rio grande do Sul 21,08%; São Paulo 13,64%; Santa Catarina 7,33%, Minas Gerais 5,76%, Mato Grosso do Sul 4,51%, Mato Grosso 1,81% e demais com 7,55% de todas as apólices até a data 23 de agosto de 2022. Da mesma forma, PR, RS, MT e MS se destacam no montante de prêmio do seguro e subvenções Federais do PSR. Com relação as indenizações, Rio Grande do Sul seguido de Goiás, Mato Grosso e Paraná, foram os estados com mais produtores infratores indenizados devido a ocorrência de sinistros. Quanto a área segurada, os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul e Paraná, foram os estados onde os infratores seguraram maior área em hectares.

²⁵ Veja mais em: [Atlas do Seguro rural](#)

Na perspectiva da cobertura da produtividade esperada, os estados de São Paulo e Santa Catarina se destacam com os maiores níveis de cobertura da produtividade.

Tabela 4-4: Estatísticas do seguro rural por atividade

Atividade	Apólices	Prêmio (R\$ milhões)	Subvenção (R\$ milhões)	Indenizações (R\$ milhões)	Área Segurada (há mil)	Produção (t milhões)
Soja	725	R\$ 44.34	R\$ 17.69	R\$ 20.21	531.77	4.52
Milho 2ª safra	141	R\$ 14.95	R\$ 6.89	R\$ 19.12	108.51	1.70
Trigo	117	R\$ 8.42	R\$ 5.17	R\$ 6.51	59.56	0.87
Milho 1ª safra	112	R\$ 5.47	R\$ 2.49	R\$ 2.07	52.66	1.25
Arroz	58	R\$ 0.95	R\$ 0.48	R\$ 0.48	14.77	0.50
Cana-de-açúcar	44	R\$ 4.13	R\$ 1.65	R\$ 1.21	195.01	7.19
Algodão	30	R\$ 3.52	R\$ 1.66	R\$ 0.00	19.31	0.09
Uva	27	R\$ 0.34	R\$ 0.16	R\$ 0.36	0.22	1.07
Maçã	18	R\$ 3.30	R\$ 1.67	R\$ 18.97	3.26	1.41
Tomate	12	R\$ 0.36	R\$ 0.14	R\$ 0.44	0.15	2.03
Café	10	R\$ 0.16	R\$ 0.07	R\$ 0.00	0.71	0.02
Pecuário	10	R\$ 0.06	R\$ 0.02	R\$ 0.02	0.00	0.00
Cebola	9	R\$ 0.20	R\$ 0.08	R\$ 0.00	0.39	2.34
Feijão	9	R\$ 0.36	R\$ 0.23	R\$ 0.00	2.29	0.08
Floresta	6	R\$ 0.04	R\$ 0.02	R\$ 0.00	0.77	0.00
Ameixa	4	R\$ 0.01	R\$ 0.01	R\$ 0.01	0.01	0.19
Feijão 1ª safra	4	R\$ 0.20	R\$ 0.06	R\$ 0.00	1.68	0.03
Pêssego	4	R\$ 0.02	R\$ 0.01	R\$ 0.00	0.01	0.17
Canola	2	R\$ 0.03	R\$ 0.02	R\$ 0.00	0.75	0.02
Laranja	2	R\$ 0.02	R\$ 0.01	R\$ 0.00	0.13	0.01
Alho	1	R\$ 0.06	R\$ 0.02	R\$ 0.00	0.05	0.04
Amendoim	1	R\$ 0.39	R\$ 0.14	R\$ 0.00	1.01	0.02
Pêra	1	R\$ 0.03	R\$ 0.02	R\$ 0.00	0.01	0.09
Triticale	1	R\$ 0.01	R\$ 0.00	R\$ 0.00	0.03	0.00
Total	1343	R\$ 87.38	R\$ 38.70	R\$ 69.39	993.60	23.63

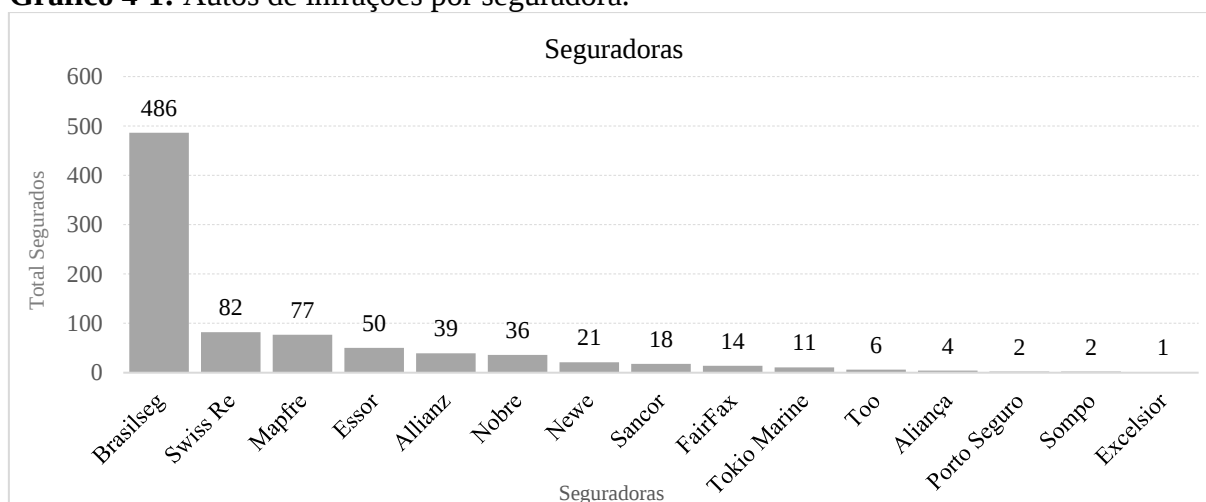
Fonte: Elaborado pelo autor. **Nota:** as estatísticas correspondem somente ao grupo de produtores subvencionados no PSR, autuados por infrações ambientais no ano em que receberam a subvenção Federal.

Na tabela 4-4 são apresentadas as atividades amparadas pelo PSR com maiores demandas pelos produtores, foram soja, milho 2ª safra, trigo e milho 1ª safra, que juntas representam 81,5% de todas as apólices contratadas pelos beneficiários autuados pelo IBAMA. Da mesma forma, essas quatro atividades, foram as mais subvencionadas e que, geraram maiores prêmios para as seguradoras. Olhando nas indenizações, soja, milho 2ª safra e maçã foram as que mais receberam indenizações das seguradoras devido a ocorrência de sinistros. Com relação a área segurada, as culturas de soja, cana-de-açúcar e milho 2ª safra, foram as atividades com maiores áreas seguradas pelos produtores infratores. No que tange a produtividade segurada os cultivos de cana-de-açúcar e soja, apresentaram os maiores níveis de

cobertura da produtividade esperada, com 7.19 e 4.52 milhões de toneladas seguradas respectivamente.

Dentro desta perspectiva, é pertinente destacar o papel da atividade pecuária, que conforme os dados do atlas do seguro rural, até a data de 23 de agosto de 2022, apenas 3,4% de todas as apólices subvencionadas eram para a atividade pecuária, indicando a existência de uma baixa demanda por seguro de animais, frente ao efetivos de rebanhos, que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)²⁶ atingiu em 2020, a marca de 218 milhões de bovinos, 41 milhões de suínos, 1.5 milhão de bubalino, 12 milhões de caprinos e 1.4 bilhão de aves. Essas informações ajudam a compreender por que a pecuária não está entre as atividades com mais produtores subvencionados autuados pelo IBAMA.

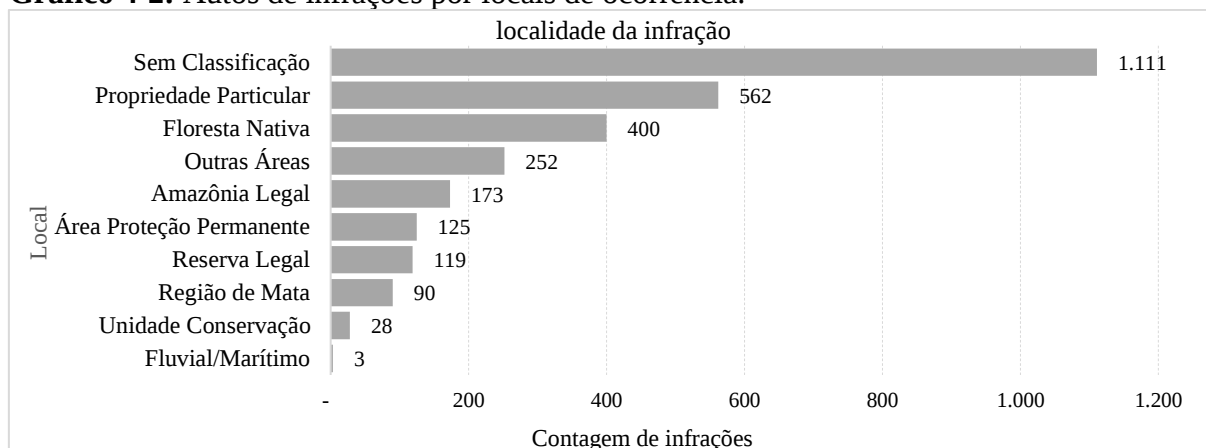
Gráfico 4-1: Autos de infrações por seguradora.



Fonte: Elaborado pelo autor. **Nota:** informações somente para os beneficiários do PSR autuados pelo IBAMA.

A principal seguradora dos agricultores infratores é a Brasilseg, holding seguros do Banco do Brasil como indica o gráfico 4-1. Olhando as informações do atlas do seguro rural, é possível notar que a Brasilseg é a seguradora com maior quantidade de apólices seguradas desde o início do programa. Esta informação é importante, pois possibilita que o governo seja o impulsionador de políticas que penalize os beneficiários de programas federais como o PSR, que cometem crimes ambientais.

²⁶ Ver mais em: [Pesquisa Pecuária Municipal \(PPM\) - IBGE](#)

Gráfico 4-2: Autos de infrações por locais de ocorrência.

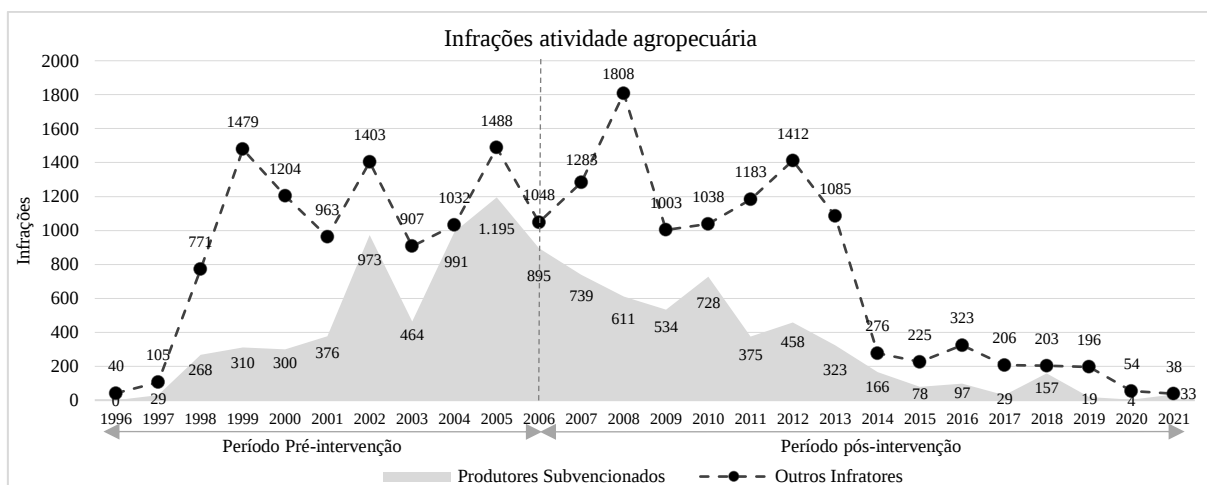
Fonte: Elaborado pelo autor. **Nota:** informações somente para os beneficiários do PSR autuados pelo IBAMA no ano que receberam a subvenção federal. Onde: (região de mata = mata primária + mata secundária + mata em regeneração); (outras áreas = outras áreas + faixa de fronteira (150 Km) + entorno de estradas); (unidade de conservação = unidade de conservação de proteção integral + unidade de conservação uso sustentável).

No contexto da localidade das infrações, primeiro é importante destacar que 69% das infrações cometidas pelos produtores subvencionados pelo PSR ocorreram em municípios diferentes de onde sua produção foi subvencionada. Quanto a localidade, 38,8% das infrações se deram em áreas sem classificação definida pelo IBAMA, seguida por áreas de propriedade particular com 19,6%. Já na Amazônia legal e áreas cobertas por floresta nativa ocorreram 20% dos autos de infrações, como aponta o gráfico 4-2.

Com objetivo de analisar as infrações ambientais antes, durante e após a participação no programa, a seguir são apresentados gráficos do total de infrações lavradas pelo IBAMA para o grupo de produtores que participaram do PSR e para o grupo de indivíduos²⁷ sem ligação com o programa no período de 1996 a 2021.

Gráfico 4-3: Autos de infrações relacionadas a atividade agropecuária pré e pós-tratamento.

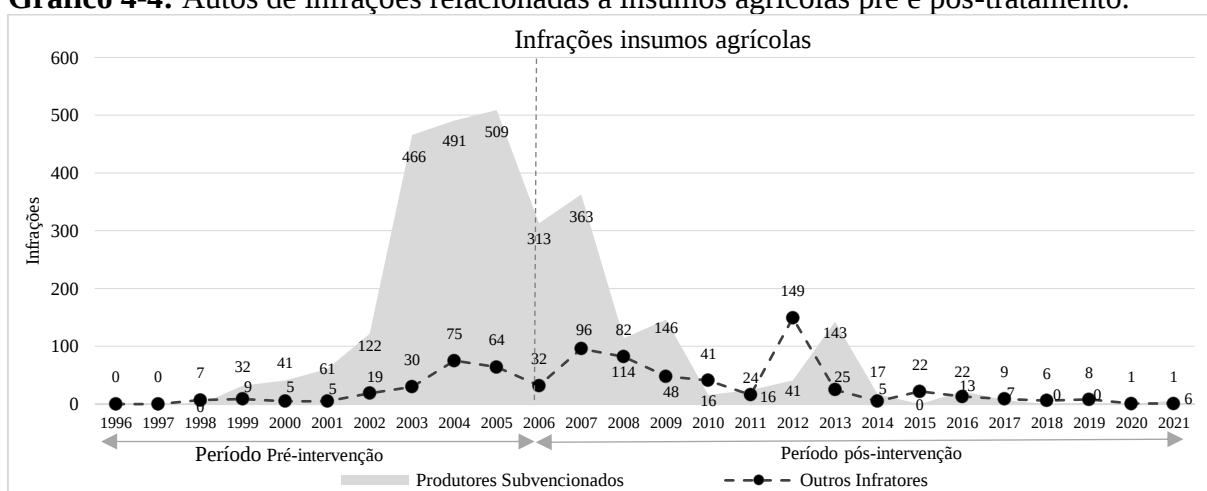
²⁷ Devido à ausência de informações sobre a atividade principal do infrator, foram incluídas todas as pessoas físicas e jurídicas que cometeram infrações nos mesmos municípios onde os produtores subvencionados pelo programa foram autuados, a fim de gerar um grupo de comparação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No gráfico 4-3, utilizando somente as infrações relacionadas a atividade agropecuária, nota-se uma tendência de crescimento das infrações cometidas pelo grupo de produtores subvencionados até o ano de 2005, ou seja, um ano antes do programa iniciar. Ademais, durante e após a subvenção do PSR, há uma tendência de queda no número de autos de infrações cometidas por esses produtores, que se estende até o ano de 2020. Já para o grupo de comparação (indivíduos sem participação no PSR), nota-se uma redução de 2005 para 2006, no entanto, seguido de uma alta, atingindo seu máximo em 2008. Contudo, somente pela análise gráfica não é possível inferir se a queda observada para o grupo de produtores subvencionados do PSR é fruto da participação no programa.

Gráfico 4-4: Autos de infrações relacionadas a insumos agrícolas pré e pós-tratamento.

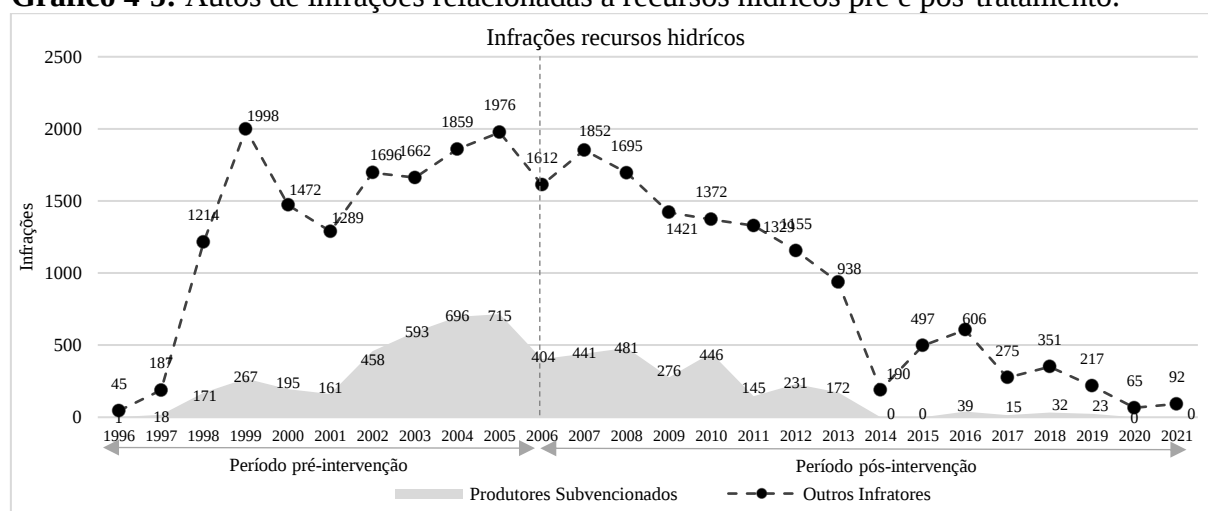


Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto as infrações relacionadas aos insumos agropecuários, o gráfico 4-4 indica que o grupo dos produtores subvencionados pelo PSR, apresentava uma acentuada tendência de crescimento no número de infrações até o ano de 2005. No entanto, após os primeiros

produtores participarem do programa em 2006, verifica-se uma forte queda das infrações, reduzindo de 509 para 16 autos de infrações lavrados em 2011. Nos anos de 2012 e 2013, os autos de infrações voltaram a crescer atingindo um pico de 143, no entanto, nos anos seguintes caem chegando a zero em 2015. Já para o grupo de comparação, este apresenta uma leve tendência de crescimento até o ano de 2004, logo após apresentam uma redução de 75 para 32 autos de infrações em 2006, voltando a subir em 2007 e posteriormente caem para 24 infrações em 2011. Semelhante ao grupo de produtores subvencionados, há um pico de 149 infrações em 2012 e após esse período fica oscilando entre 1 e 22 autos de infrações.

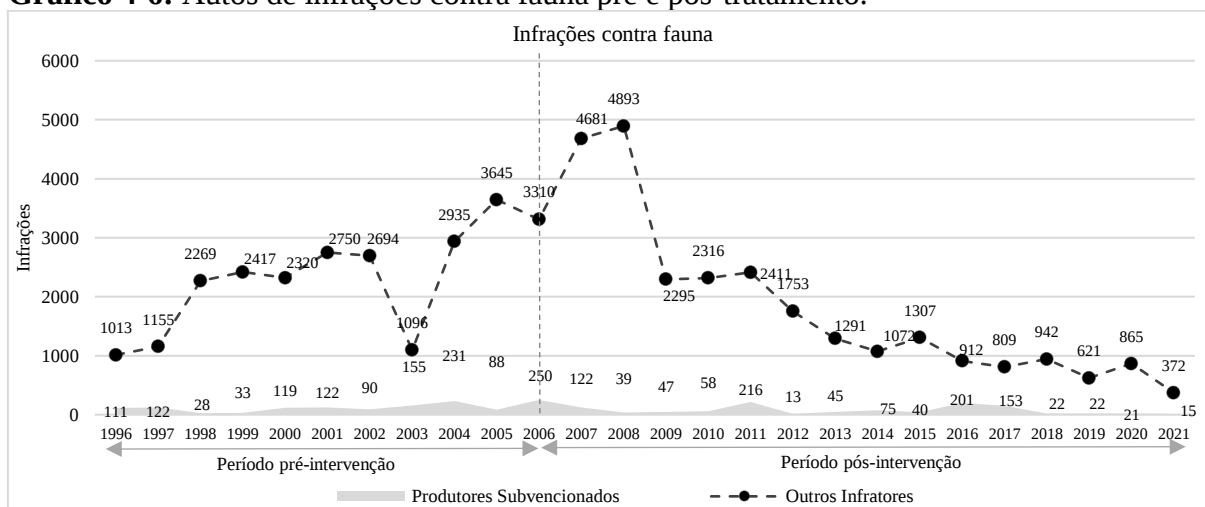
Gráfico 4-5: Autos de infrações relacionadas a recursos hídricos pré e pós-tratamento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

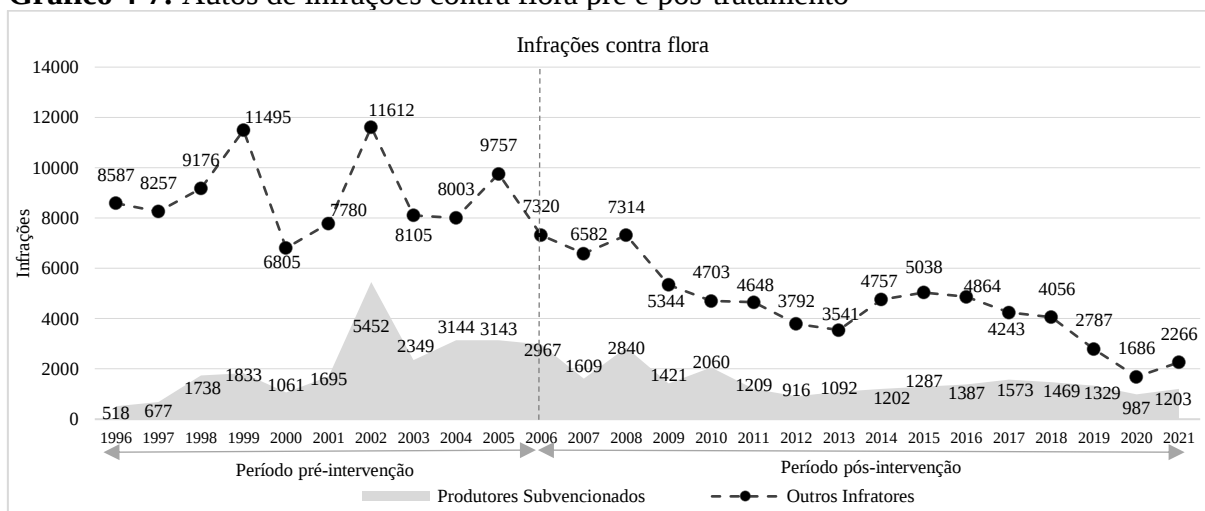
No contexto das infrações relacionadas aos recursos hídricos no gráfico 4-5, nota-se uma tendência de crescimento das infrações para o grupo de produtores subvencionados pelo PSR no período pré-intervenção, sendo o mesmo observado para o grupo de comparação. Ademais, entre os anos de 2006 e 2014 observa-se uma tendência de queda nos autos de infrações para ambos os grupos.

Gráfico 6: autos de infrações contra fauna pré e pós-tratamento.

Gráfico 4-6: Autos de infrações contra fauna pré e pós-tratamento.

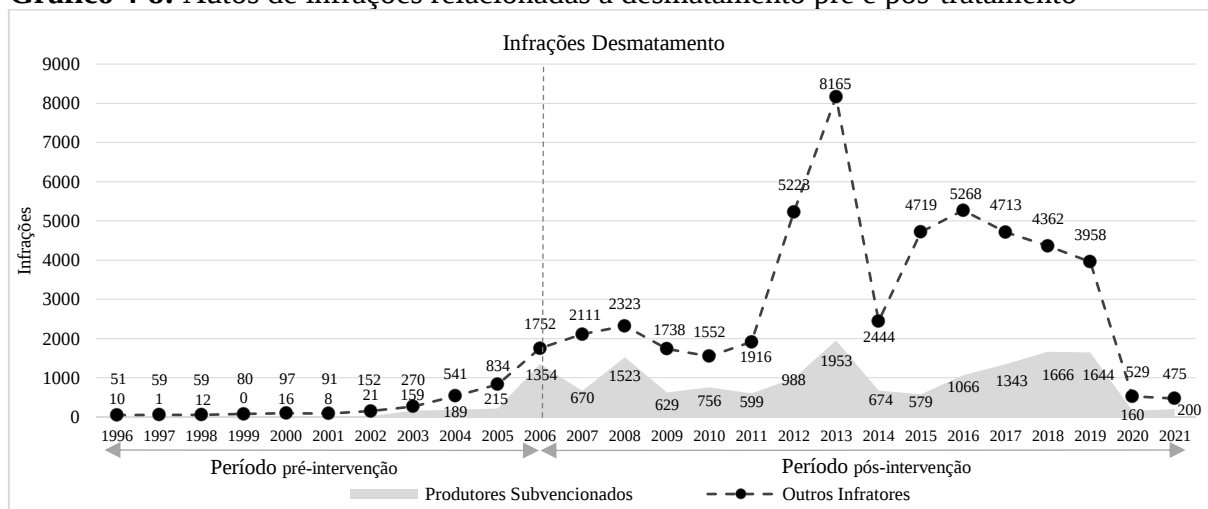
Fonte: Elaborado pelo autor.

No gráfico 4-6, é possível notar que as infrações cometidas pelo grupo de produtores subvencionados pelo PSR, não apresenta uma tendência clara nos períodos pré e pós-intervenção. No entanto, as infrações do grupo de comparação, apresentam uma tendência de crescimento até o ano de 2008, e a partir de 2009 ocorre uma acentuada redução nas infrações.

Gráfico 4-7: Autos de infrações contra flora pré e pós-tratamento

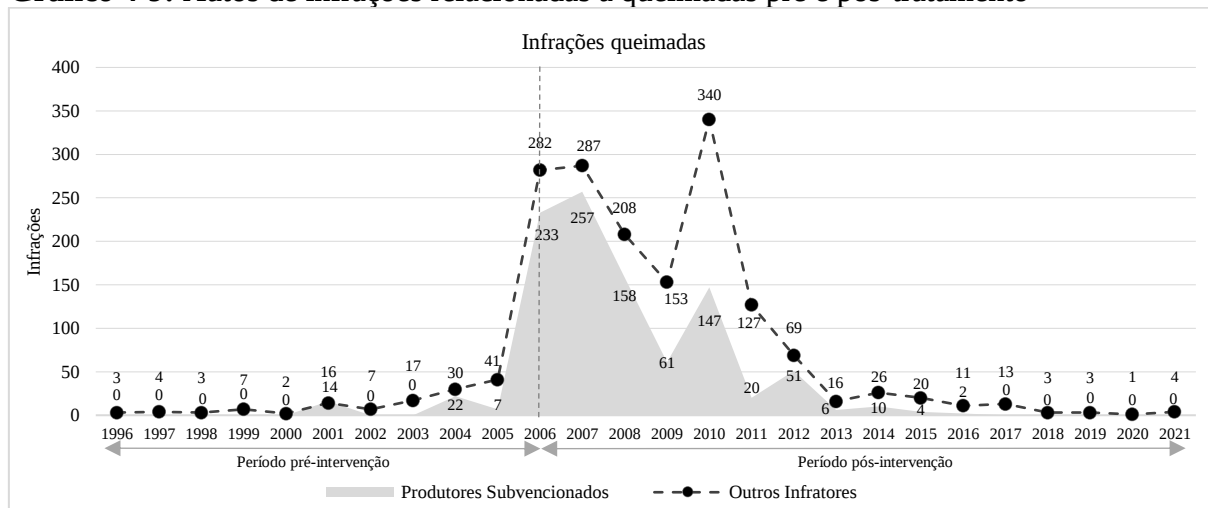
Fonte: Elaborado pelo autor.

No âmbito das infrações contra a flora, o gráfico 4-7 indica que ambos os grupos apresentam trajetórias semelhantes nos números de infrações nos períodos pré e pós-intervenção. Contudo, é possível observar que o grupo de comparação apresentou uma tendência maior de queda das infrações, que o grupo de produtores subvencionados pelo PSR.

Gráfico 4-8: Autos de infrações relacionadas a desmatamento pré e pós-tratamento

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já no gráfico 4-8, onde são apresentadas as infrações relacionadas ao desmatamento, é possível observar que o grupo de produtores subvencionados pelo PSR, apresentou um aumento no total de infrações a partir de 2006. Percebe-se uma correlação nas trajetórias de ambos os grupos, no entanto, para o grupo de comparação o aumento no número de infrações de desmatamento foi mais acentuado.

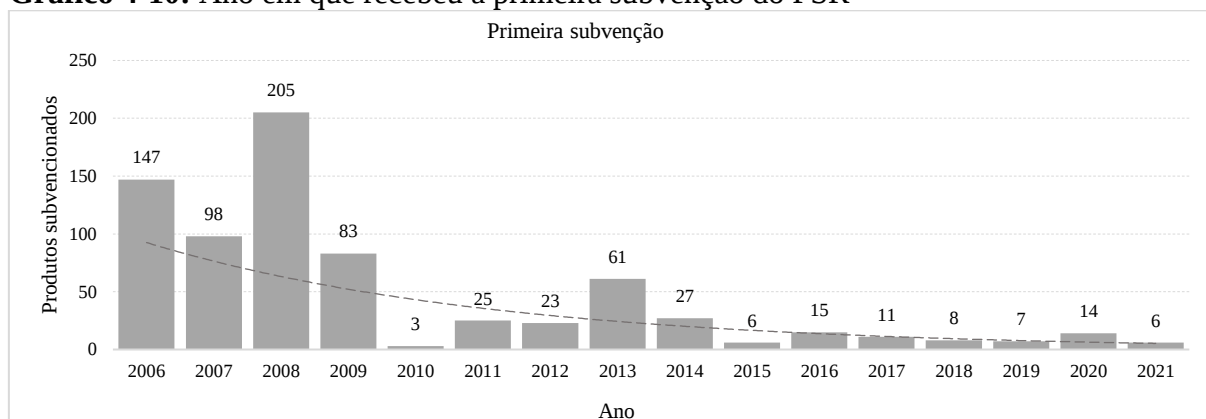
Gráfico 4-9: Autos de infrações relacionadas a queimadas pré e pós-tratamento

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto as infrações relacionadas a queimadas apresentadas no gráfico 4-9, para ambos os grupos se nota um acentuado aumento das infrações do ano de 2005 para 2006. Também, fica evidente a forte correlação das infrações dos produtores subvencionados pelo PSR e o

grupo de comparação, dando indícios que possa haver outros fatores que ocorreram no período que explique esse crescimento abrupto a partir de 2006.

Gráfico 4-10: Ano em que recebeu a primeira subvenção do PSR



Fonte: Elaborado pelo autor. Nota: informações somente para os beneficiários infratores.

Por fim, o gráfico 4-10 indica quantos produtores agropecuários infratores participaram pela primeira vez do programa. Observa-se uma redução na participação de novos produtores infratores, sugerindo que o programa desestimule a participação de produtores que foram autuados por crimes ambientais.

4.4 Estratégia Empírica

De acordo com Holland (1986), o problema fundamental da inferência causal é a impossibilidade de observar o contrafactual do grupo que recebeu a intervenção ou tratamento, em outras palavras, não é possível observar o que teria ocorrido com o grupo tratado na ausência do tratamento. Frente a essas limitações, para encontrar um grupo de controle que represente adequadamente o contrafactual do grupo de tratamento, pesquisadores recorrem a estudos randomizados controlados (*Randomized Control Trial* - RCT) considerados como referência para estabelecimento de relação causal. Contudo, nem sempre é possível utilizar a randomização devido à viabilidade, desenho da política ou por motivos éticos. Diante de tal situação, é possível utilizar outras estratégias para inferência causal, como variáveis instrumentais, modelos de equações estruturais, diagramas causais ou métodos quase-experimentais.

Neste contexto, os métodos quase-experimentais são os mais populares para inferência causal e, em geral requerem hipóteses por vezes fortes para que o grupo de comparação forneça

uma estimativa válida do contrafactual. Contudo, quando não há informações disponíveis da variável de interesse para o grupo de comparação, a aplicação dos métodos mais populares como diferença-em-diferenças, *propensity score* e regressão descontínua, tornam-se inviáveis. Para esta situação específica, a alternativa são as abordagens que permitem a construção das trajetórias da variável de interesse do contrafactual utilizando como base, as características observáveis do grupo tratado e possíveis unidades doadoras.

Dentro desta perspectiva, para avaliar o potencial impacto causal do PSR sobre as infrações ambientais cometidas pelos segurados subvencionados, emprega-se a abordagem de Séries Temporais Estruturais Bayesianas (*Bayesian Structural Time Series* - BSTS). A utilização dos modelos BSTS para inferência causal foi proposta por Brodersen *et al.*, (2015), e consiste em uma abordagem semelhante ao método de controle sintético, no entanto o contrafactual sintético é modelado por séries temporais Bayesianas. Em outras palavras, por meio de BSTS é construído um modelo de previsão baseado no período pré-intervenção, utilizando um conjunto de variáveis preditoras que não são afetadas pelo tratamento. Posteriormente, o modelo é utilizado para obter uma aproximação do contrafactual, ou seja, como teria evoluído as infrações ambientais dos beneficiários do PSR se a intervenção nunca tivesse ocorrido.

Os modelos BSTS são abordagens de ‘espaço de estado’ definidos por duas equações. A primeira é a equação de observação, representada por:

$$y_t = Z_t^T \alpha_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

que relaciona os dados observados de y_t a um vetor de variáveis latentes α_t conhecida como ‘estado’. Onde a matriz Z_t^T é um vetor de saída dimensional e $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$ é um termo de erro aleatório gaussiano independente com média zero e variância σ^2 .

Já a segunda equação, é chamada de equação de estado, representada por:

$$\alpha_{t+1} = T_t \alpha_t + R_t \eta_t \quad (2)$$

que consiste em um modelo auto-regressivo de α_t , que é definida como um processo Markoviano não observável medido de forma imprecisa por y_t . Ademais, T_t é uma matriz de transição, R_t é uma matriz de controle do erro, indicando onde há termos de perturbação diferentes de zero. Por fim, $\eta_t \sim N(0, \sigma_t)$ representa o termo de erro aleatório gaussiano independente com média zero e variância σ_t .

Os modelos BSTS, contemplam os seguintes componentes de estado: (i) tendência linear local, que se adapta rapidamente à variação local, o que é desejável para previsões de

curto prazo; (ii) Sazonalidade, que pode ser generalizada para permitir vários componentes sazonais com diferentes períodos; (iii) Covariáveis contemporâneas com coeficientes estáticos, (iv) Covariáveis contemporâneas com coeficientes dinâmicos; (v) *Assembling* de modelos de espaço de estados, que permitem escolher com maior flexibilidade os componentes apropriados para tendência, sazonalidade e regressão estática ou dinâmica para os controles (BRODERSEN *et al.*, 2015).

Em suma, os modelos de séries temporais estruturais bayesianas apresentam uma série de vantagens pois são flexíveis no sentido de que uma classe muito grande de modelos, incluindo os modelos ARIMA, SARIMA, modelos de volatilidade estocástica e outros, podem ser escritos na forma de espaço de estados (BRODERSEN *et al.*, 2015; DURBIN; KOOPMAN, 2012).

Para a implementação do BSTS, foi utilizado o pacote *CausalImpact*²⁸ desenvolvido pela empresa Google, disponível para linguagem R. Este pacote implementa os modelos de séries temporais estruturais bayesianas para estimar o efeito causal de uma intervenção projetada em uma única série temporal por vez.

4.5 Resultados

Na tabela 4-5 são reportados os resultados dos efeitos causais estimados, para o período de 2006 a 2018. Os resultados são apresentados por faixas temporais, dado que o efeito médio corrente depende do contexto da duração do período pós-intervenção utilizado, o que pode levar a inferências cada vez mais incertas à medida que o período de previsão do contrafactual aumenta. Desta forma, são estimados os impactos para as seguintes faixas temporais: (2006, 2006-2007, 2006-2008, 2006-2009, 2006-2010, 2006-2012, 2006-2014, 2006-2016 e 2006-2018).

Tabela 4-5: Resultados do impacto do PSR sobre as infrações dos produtores subvencionados

		<u>Agropecuária</u>	<u>Insumos</u>	<u>R. Hídricos</u>	<u>Fauna</u>	<u>Flora</u>	<u>Desmatamento</u>	<u>Queimadas</u>
2006	Efeito absoluto	-967**	-465**	-648**	-47	-2.151	-79	120**
	Efeito Relativo	-0.81**	-0.96**	-0.87**	-0.48	-0.81	-0.38	4.63**
	s.d relativo	(0.22)	(0.28)	(0.23)	(0.57)	(0.49)	(0.35)	(1.33)
	Prob. Aleatório	0.000	0.001	0.000	0.206	0.048	0.092	0.017
2006-2007	Efeito absoluto	-1.139**	-410**	-612**	-60	-1.654	-5	121**
	Efeito Relativo	-0.88**	-0.83**	-0.8**	-0.59	-0.76	-0.02	4.07**
	s.d relativo	(0.22)	(0.31)	(0.27)	(0.72)	(0.78)	(0.41)	(1.15)
	Prob. Aleatório	0.002	0.011	0.008	0.189	0.149	0.431	0.014
2006-2018	Efeito absoluto	-1.211**	-448**	-572	-71	-1.013	223	105**
	Efeito Relativo	-0.84**	-0.87**	-0.72	-0.67	-0.52	1	3.47**

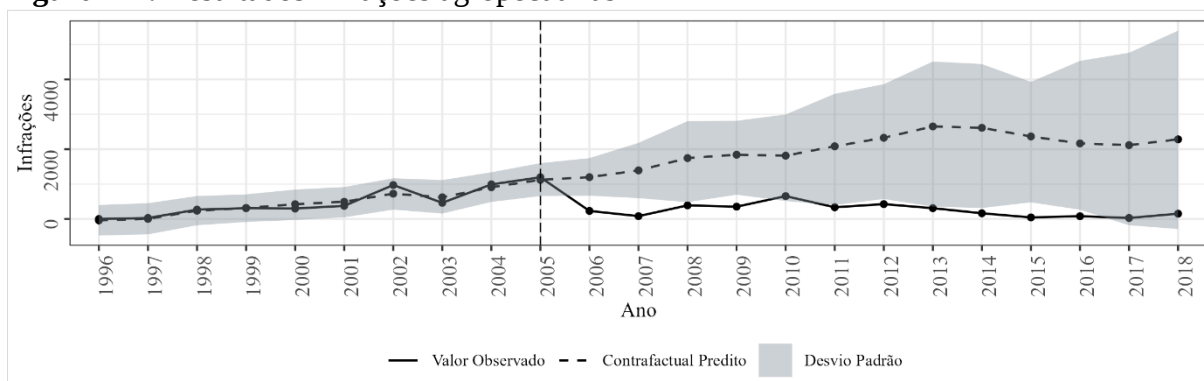
²⁸ Ver mais informações em: [CausalImpact \(google.github.io\)](https://github.com/google/CausalImpact)

	<i>s.d relativo</i>	(0.25)	(0.37)	(0.33)	(0.85)	(1.18)	(0.46)	(1.03)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0.005	0.019	0.028	0.161	0.278	0.045	0.015
2006-2009	<i>Efeito absoluto</i>	-1.280**	-444**	-609	-69	-1.022	231	82**
	<i>Efeito Relativo</i>	-0.83**	-0.84**	-0.74	-0.71	-0.52	1.02	2.84**
	<i>s.d relativo</i>	(0.25)	(0.37)	(0.34)	(1.02)	(1.32)	(0.46)	(0.96)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0.005	0.021	0.028	0.180	0.282	0.041	0.023
2006-2010	<i>Efeito absoluto</i>	-1.256**	-466**	-604	-79	-524	269	85
	<i>Efeito Relativo</i>	-0.79**	-0.87**	-0.71	-0.76	-0.32	1.17	2.67
	<i>s.d relativo</i>	(0.27)	(0.41)	(0.36)	(1.05)	(1.7)	(0.49)	(0.96)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0.007	0.024	0.036	0.170	0.364	0.033	0.029
2006-2012	<i>Efeito absoluto</i>	-1.418**	-519	-698	-87	-216	295	59
	<i>Efeito Relativo</i>	-0.8**	-0.9	-0.76	-0.66	-0.17	1.18	1.85
	<i>s.d relativo</i>	(0.3)	(0.48)	(0.42)	(1.05)	(2.63)	(0.57)	(0.82)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0.009	0.034	0.040	0.213	0.418	0.051	0.037
2006-2014	<i>Efeito absoluto</i>	-1.636**	-567	-805	-107	-79	408	43
	<i>Efeito Relativo</i>	-0.83**	-0.9	-0.81	-0.7	-0.07	1.49	1.5
	<i>s.d relativo</i>	(0.32)	(0.51)	(0.46)	(1.13)	(3.5)	(0.61)	(0.85)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0.011	0.037	0.041	0.232	0.441	0.029	0.047
2006-2016	<i>Efeito absoluto</i>	-1.739**	-625	-910	-124	74	408	32
	<i>Efeito Relativo</i>	-0.86**	-0.92	-0.85	-0.67	0.07	1.41	1.15
	<i>s.d relativo</i>	(0.33)	(0.52)	(0.46)	(1.1)	(4.18)	(0.62)	(0.91)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0.011	0.034	0.037	0.248	0.472	0.036	0.097
2006-2018	<i>Efeito absoluto</i>	-1.796**	-675	-990	-162	430	508**	23
	<i>Efeito Relativo</i>	-0.88**	-0.94	-0.88	-0.72	0.6	1.69**	0.83
	<i>s.d relativo</i>	(0.34)	(0.54)	(0.48)	(1.03)	(6.6)	(0.63)	(1.04)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0.014	0.036	0.039	0.240	0.488	0.022	0.205

Fonte: Elaborado pelo autor. **Notas:** o nível de significância de até 5% é representado por **; o valor entre parênteses representa o desvio padrão do efeito relativo em percentual. Para as estimações, foram extraídas 5.000 amostras utilizando Markov Chain Monte Carlo (MCMC).

Os resultados encontrados para a variável de infrações relacionadas a atividade agropecuária, apontam que o PSR contribuiu para uma redução das infrações para todos os períodos analisados. Quanto aos efeitos causais em termos relativos, houve uma queda nas infrações que variou entre -79% a -88%, representando em números absolutos, uma redução entre -967 e -1.796 infrações cometidas no período pós-intervenção pelos produtores subvencionados pelo PSR. A probabilidade de os efeitos encontrados serem advindos de choques aleatórios (probabilidade bayesiana da área da cauda unilateral) ficou entre 0,1% e 1,8%, indicando que o efeito causal estimado pode ser considerado estatisticamente significativo.

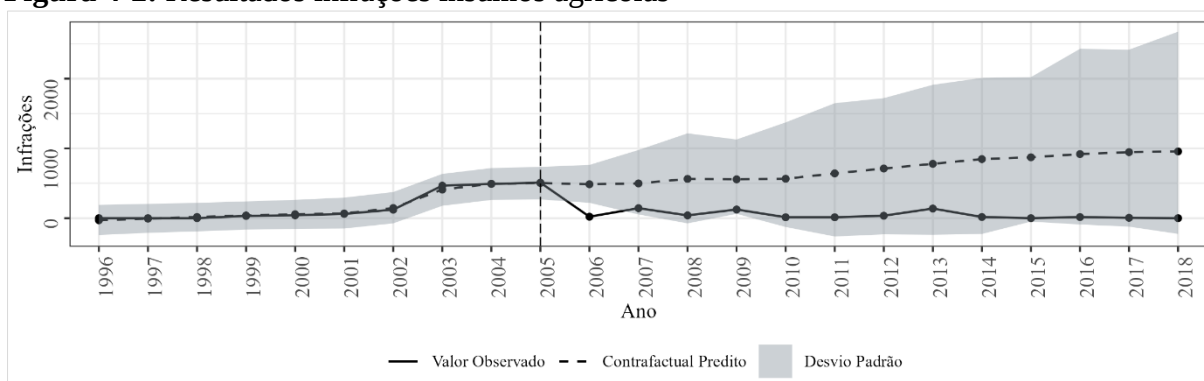
Na figura 4-1 são apresentadas as trajetórias do valor observado e do contrafactual modelado por BSTS, a diferença entre eles representa o efeito causal do PSR sobre as infrações agropecuárias em cada ponto. A linha tracejada vertical indica o período imediatamente anterior ao início do programa, sendo assim, na ausência da participação no PSR as infrações relacionadas agropecuária teriam seguido uma trajetória ascendente ultrapassando a marca de 2000 infrações a partir do ano de 2011.

Figura 4-1: Resultados infrações agropecuárias

Fonte: Elaborado pelo Autor

No contexto das infrações relacionadas a utilização, comércio e armazenagem de insumos agrícolas como: (fertilizantes e agroquímicos), os resultados encontrados foram estatisticamente significativos somente para os períodos até 2010. Em termos absolutos, o impacto da participação no PSR representou uma redução entre -410 e -465 infrações. Já em termos relativos, o impacto foi de -83% a -96%. A probabilidade de o efeito ser aleatório variou de 0,1% a 2,4%, fornecendo evidências que o efeito estimado é estatisticamente significativo e relacionado a participação no programa.

Na figura 4-2 é apresentada o gráfico de distribuição bayesiana posterior para as infrações relacionadas a insumos agrícolas. É possível visualizar as trajetórias do valor observado e do contrafactual estimado. Portanto, na ausência da participação no PSR as infrações teriam seguido uma trajetória levemente ascendente até 2010, período que os coeficientes foram estatisticamente significativos.

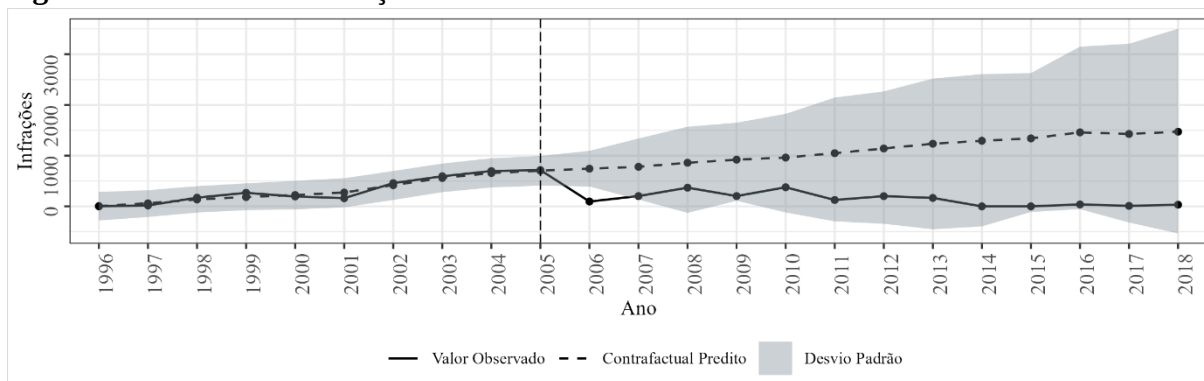
Figura 4-2: Resultados infrações insumos agrícolas

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para as infrações envolvendo recursos hídricos, foi encontrado um efeito negativo e estatisticamente significativo, somente para o ano de 2006 e o período entre 2006 e 2007.

Contudo, é possível notar que o efeito segue com sinal negativo para os restantes dos períodos, porém, sem significância estatística. Em termos absolutos os impactos foram de -612 e -648 infrações, o que representou uma redução de -80% e -87% de infrações. A probabilidade de o efeito encontrado ter origem em choques aleatórios foi menor que 0,1%. Na figura 3, é possível observar as trajetórias das infrações observadas e do contrafactual estimado.

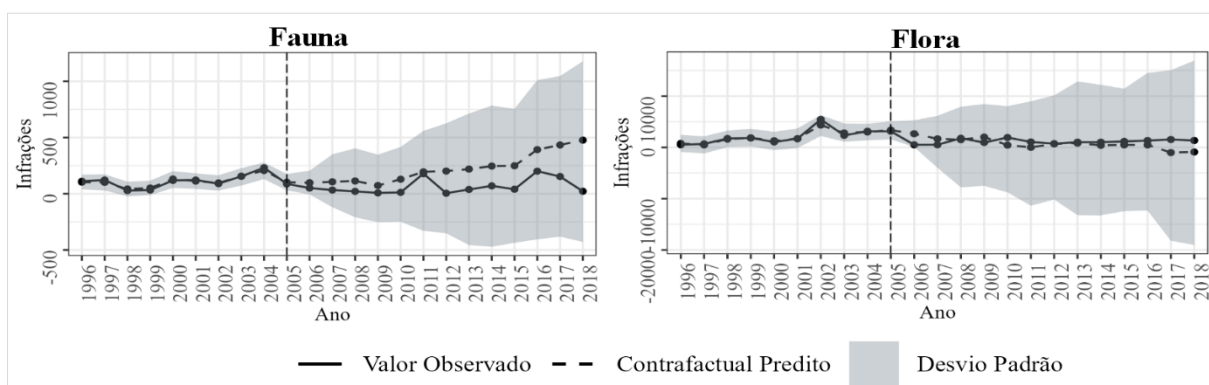
Figura 4-3: Resultados infrações envolvendo recursos hídricos



Fonte: Elaborado pelo Autor

Já para as infrações contra fauna e flora, apesar do sinal negativo para todos os períodos analisados, nenhum coeficiente foi estatisticamente significativo, implicando que não podemos estabelecer uma relação causal entre a participação do PSR e a queda destas infrações. As trajetórias do valor observado e do contrafactual estimado são apresentados na figura 4-4.

Figura 4-4: Resultados para as infrações contra fauna e flora



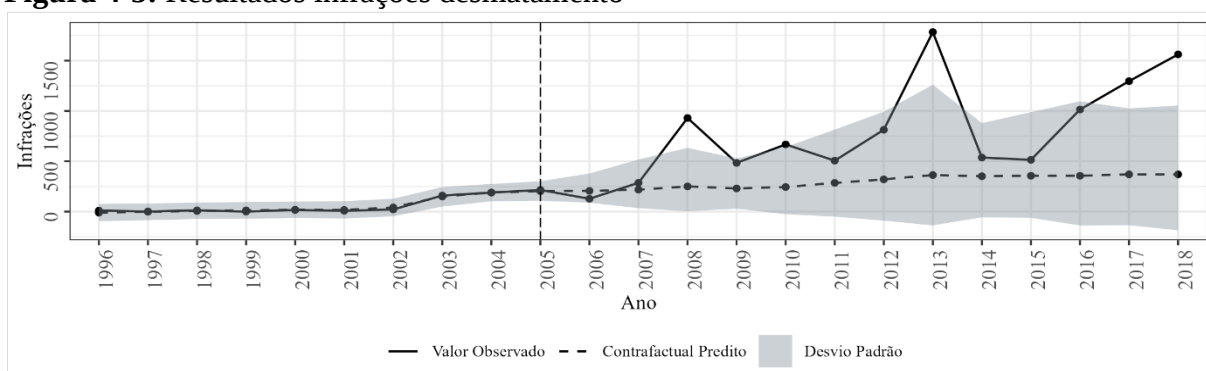
Fonte: Elaborado pelo Autor

Olhando para os impactos do PSR sobre as infrações relacionadas a desmatamento ilegal, apenas para faixa temporal de 2006 a 2018, foi encontrado efeito positivo e estatisticamente significativo, contudo, como mencionado anteriormente, o período pós-intervenção utilizado pode levar a inferências cada vez mais incertas à medida que o período de previsão do contrafactual aumenta, indicando que o resultado estatisticamente significativo

encontrado deve ser visto com cautela. Quanto ao efeito, observou-se um aumento de 508 infrações de desmatamento, o que representou um acréscimo de 169% no número de infrações. A probabilidade de o efeito ter origem aleatória foi de 2,2%.

Na figura 4-5 é possível notar que na ausência da participação no PSR, as infrações de desmatamento cometidas pelos segurados, teriam seguido uma trajetória quase linear levemente ascendente, por outro lado, notam-se picos de infrações cometidas pelos produtores subvencionados para alguns períodos, que coincidem com os picos de infrações para o grupo de comparação naqueles períodos.

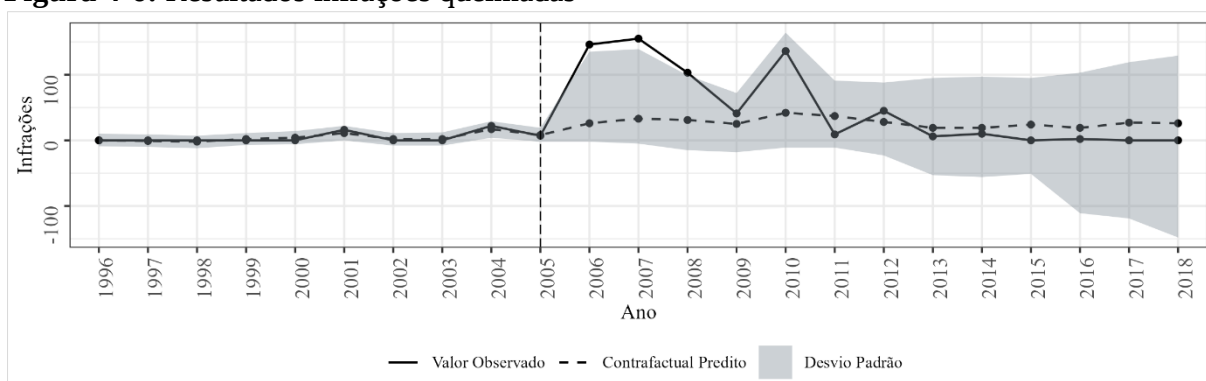
Figura 4-5: Resultados infrações desmatamento



Fonte: Elaborado pelo Autor

No que se refere as infrações relacionadas a queimadas representada na figura 4-6, foram encontrados efeitos positivos e estatisticamente significativos para os períodos até 2009. Em termos absolutos o efeito causal estimado aponta um acréscimo entre 82 e 120 infrações de desmatamento cometidas pelos produtores subvencionados. Já em termos relativos, o impacto positivo foi de 283% a 463%. A probabilidade de o efeito ser de origem aleatória variou de 1,5% a 2,3%.

Figura 4-6: Resultados infrações queimadas



Fonte: Elaborado pelo Autor

Para avaliar a plausibilidade dos resultados encontrados, são realizadas estimações utilizando variáveis de resposta placebo, para o mesmo conjunto de infrações avaliadas anteriormente, porém, utilizando somente o grupo de infratores que não receberam subvenção do PSR. Tendo em vista que o PSR está concentrado nas regiões sul e sudeste do país, são consideradas somente as infrações cometidas nos municípios onde o grupo de produtores subvencionados foram autuados. Com essas estimações será possível identificar se os impactos observados anteriormente têm relação com o programa, ou se são oriundos de fatores que não foram controlados nas regressões. Na tabela 4-6 são apresentados os resultados para estimações dos placebos.

Tabela 4-6: Resultados do impacto do PSR sobre as infrações placebos.

		<u><i>Agropecuária</i></u>	<u><i>Insumos</i></u>	<u><i>R. Hídricos</i></u>	<u><i>Fauna</i></u>	<u><i>Flora</i></u>	<u><i>Desmatamento</i></u>	<u><i>Queimadas</i></u>
2006	<i>Efeito absoluto</i>	-568**	-24**	-637	-762**	-4.160**	-85	44**
	<i>Efeito Relativo</i>	-0,62**	-0,08**	-0,55	-0,42**	-0,56**	-0,13	1,03**
	<i>s.d relativo</i>	(0,27)	(0,31)	(0,28)	(0,21)	(0,12)	(0,21)	(0,23)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0,017	0,003	0,036	0,008	0,000	0,261	0,000
2006-2007	<i>Efeito absoluto</i>	-587	-25**	-591	-767**	-4.829**	-130	44**
	<i>Efeito Relativo</i>	-0,62	-0,74**	-0,52	-0,38**	-0,62**	-0,17	0,92**
	<i>s.d relativo</i>	(0,39)	(0,39)	(0,41)	(0,18)	(0,16)	(0,23)	(0,25)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0,071	0,010	0,115	0,010	0,000	0,212	0,001
2006-2008	<i>Efeito absoluto</i>	-581	-26	-581	-954**	-5.095**	-215	33**
	<i>Efeito Relativo</i>	-0,58	-0,72	-0,53	-0,42**	-0,64**	-0,25	0,62**
	<i>s.d relativo</i>	(0,48)	(0,49)	(0,59)	(0,22)	(0,21)	(0,27)	(0,3)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0,117	0,031	0,173	0,023	0,004	0,172	0,017
2006-2009	<i>Efeito absoluto</i>	-702	-27	-689	-1.306**	-5.774**	-243	20
	<i>Efeito Relativo</i>	-0,65	-0,76	-0,59	-0,54**	-0,69**	-0,29	0,37
	<i>s.d relativo</i>	(0,44)	(0,51)	(0,56)	(0,24)	(0,21)	(0,27)	(0,3)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0,086	0,034	0,142	0,016	0,002	0,150	0,073
2006-2010	<i>Efeito absoluto</i>	-767	-30	-773	-1.498	-6.009**	-344	18
	<i>Efeito Relativo</i>	-0,68	-0,8	-0,64	-0,6	-0,72**	-0,38	0,31
	<i>s.d relativo</i>	(0,47)	(0,54)	(0,6)	(0,27)	(0,24)	(0,29)	(0,32)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0,088	0,040	0,142	0,019	0,003	0,130	0,120
2006-2012	<i>Efeito absoluto</i>	-865	-35	-871	-1.970	-5.951**	-426	-3
	<i>Efeito Relativo</i>	-0,72	-0,84	-0,69	-0,7	-0,75**	-0,41	-0,05
	<i>s.d relativo</i>	(0,54)	(0,6)	(0,74)	(0,31)	(0,31)	(0,32)	(0,35)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0,103	0,051	0,157	0,024	0,015	0,135	0,337
2006-2014	<i>Efeito absoluto</i>	-998	-40	-972	-2.417	-6.221	-387	-22
	<i>Efeito Relativo</i>	-0,77	-0,87	-0,74	-0,77	-0,78	-0,34	-0,3
	<i>s.d relativo</i>	(0,59)	(0,64)	(0,82)	(0,35)	(0,36)	(0,34)	(0,37)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0,107	0,058	0,165	0,029	0,028	0,150	0,189
2006-2016	<i>Efeito absoluto</i>	-1.065	-41	-1.105	-2.431	-6.458	-345	-30
	<i>Efeito Relativo</i>	-0,81	-0,88	-0,79	-0,79	-0,8	-0,31	-0,42
	<i>s.d relativo</i>	(0,61)	(0,67)	(0,78)	(0,37)	(0,39)	(0,35)	(0,38)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0,104	0,069	0,150	0,046	0,030	0,156	0,163
2006-2018	<i>Efeito absoluto</i>	-1.095	-43	-1.187	-2.369	-6.481	-353	-38
	<i>Efeito Relativo</i>	-0,83	-0,9	-0,82	-0,81	-0,82	-0,31	-0,51
	<i>s.d relativo</i>	(0,65)	(0,7)	(0,8)	(0,41)	(0,43)	(0,35)	(0,39)
	<i>Prob. Aleatório</i>	0,110	0,075	0,147	0,057	0,038	0,157	0,136

Fonte: Elaborado pelo autor. **Notas:** o nível de significância de até 5% é representado por **; o valor entre parênteses representa o desvio padrão do efeito relativo em percentual. Para as estimações, foram extraídas 5.000 amostras utilizando Markov Chain Monte Carlo (MCMC).

Os resultados encontrados para o placebo das infrações relacionadas a agropecuária, indicam uma redução das infrações no ano de 2006, em contrapartida, não há impacto estatisticamente significativo para os demais períodos. Esses resultados possibilitam inferir com maior robustez que a redução nas infrações agropecuárias observadas anteriormente, foram em decorrência da participação no PSR.

Quanto às infrações relacionadas aos insumos agrícolas, houve uma pequena redução em termos absolutos quando comparado aos efeitos sobre os produtores subvencionados. Em média o efeito absoluto sobre o grupo tratado foi de -446 infrações para quatro períodos estatisticamente significativos, enquanto o efeito sobre os não subvencionados foi de -24 infrações apenas para dois períodos estatisticamente significativos. Os resultados, portanto, indicam que havia uma leve tendência de queda nas infrações, que foi intensificado pela participação no PSR.

Já para as infrações sobre os recursos hídricos não foi encontrada significância estatística para nenhum período analisado, corroborando os resultados encontrados anteriormente para o grupo de produtores subvencionados pelo PSR.

No contexto das infrações contra fauna e flora, é possível notar que houve impacto negativo e estatisticamente significativo somente para o placebo, ou seja, somente para o grupo de infratores que não participou do programa, corroborando que o PSR não apresentou impacto sobre as infrações contra fauna e flora.

No que se refere as infrações de desmatamento, nenhum impacto estatisticamente significativo foi observado para o placebo, no entanto, os coeficientes apontam para uma tendência de redução neste tipo de infração para todos os períodos analisados, que representa um resultado oposto ao observado para o grupo de tratamento, corroborando que o programa possa de fato ter contribuído para um aumento das infrações de desmatamento.

Por fim, os resultados do placebo para as infrações de queimadas, apontam que para o grupo de infratores não subvencionados houve um impacto positivo e estatisticamente significativo até o ano de 2008. Esses resultados vão ao encontro dos efeitos estimados para o grupo de tratamento, onde se encontrou um impacto positivo para os períodos até o ano de 2009, o que pode indicar que os resultados anteriormente observados podem ter origem em fontes desconhecidas, não controladas nas estimações, cabendo uma maior investigação.

4.6 Conclusão

A agropecuária é uma atividade altamente dependente dos eventos climáticos, sanitários e dos preços dos insumos, conseqüentemente, esse fato contribui para a uma maior aceitação de intervenções governamentais que visam conferir segurança aos produtores. No entanto, algumas intervenções podem gerar efeitos ambientais não intencionais. Nesta perspectiva os impactos não intencionais do seguro rural ainda são em partes desconhecidos, principalmente para o Brasil, onde não foram encontradas avaliações de impactos ambientais do seguro rural.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo fornecer um primeiro conjunto de evidências empíricas acerca dos impactos do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) sobre as infrações ambientais, cometidas por seus beneficiários.

Dentro desta perspectiva, para superar a limitação proveniente do conjunto de dados, utilizou-se a abordagem de Séries Temporais Estruturais Bayesianas (BSTS) para a inferência causal, tal como proposto por Brodersen *et al.*, (2015), com a implementação via *package CausalImpact* disponível para linguagem R.

Os resultados encontrados apontam que os produtores subvencionados pelo PSR, reduziram em até -88% as infrações relacionadas à atividade agropecuária. Na mesma linha, houve uma redução de até -96% nas infrações envolvendo a utilização de insumos agrícolas (fertilizantes e agroquímicos). Ademais, os produtores subvencionados pelo PSR, apresentaram uma redução de -87% nas infrações envolvendo recursos hídricos. Já para as infrações contra fauna e flora não foi encontrado resultado estatisticamente significativo. Em contrapartida, foram encontradas evidências que os produtores subvencionados tenham contribuído para um aumento nas infrações de desmatamento e queimadas.

Diante das evidências obtidas, conclui-se que o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), apesar dos avanços e da capacidade de inibir alguns tipos de infrações ambientais, ainda carece de uma legislação que estabeleça condicionantes ambientais relacionados a boas práticas agropecuárias, como já ocorrem em países como EUA e Índia, de forma que os recursos públicos não incentivem as práticas como de desmatamentos e queimadas.

4.7 Referências

- AHSAN, S. M.; ALI, A. A. G.; KURIAN, N. J. Toward a Theory of Agricultural Insurance. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 64, n. 3, p. 510–529, Aug. 1982.
- BABCOCK, B. A.; HENNESSY, D. A. Input Demand under Yield and Revenue Insurance. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 78, n. 2, p. 416–427, May 1996.
- BRODERSEN, K. et al. Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models. **JSTOR**, v. 9, n. 1, p. 247–274, 2015.
- CALLAWAY, B.; SANT’ANNA, P. H. C. Difference-in-Differences with multiple time periods. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 200–230, 1 Dec. 2021.
- CAPITANIO, F.; ADINOLFI, F. The Relationship Between Agricultural Insurance and Environmental Externalities From Agricultural Input Use: A Literature Review and Methodological Approach. **NEW MEDIT**, v. 8, n. 3, p. 41–48, 2009.
- CAPITANIO, F.; ADINOLFI, F.; SANTERAMO, F. G. Environmental implications of crop insurance subsidies in Southern Italy. **International Journal of Environmental Studies**, v. 72, n. 1, p. 179–190, 2 Jan. 2015.
- CLAASSEN, R.; LANGPAP, C.; WU, J. Impacts of federal crop insurance on land use and environmental quality. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 99, n. 3, p. 592–613, 1 Apr. 2017.
- CNA. **PIB do Agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020 | Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA)**. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/boletins/pib-do-agronegocio-alcanca-participacao-de-26-6-no-pib-brasileiro-em-2020>>. Acesso em: 29 nov. 2021.
- CNA. **Guia de Seguros Rurais 2020 | Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA)**. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/documentos-tecnicos/guia-de-seguros-rurais-2020>>. Acesso em: 2 dec. 2021.
- DENG, Y.; LUMLEY, T. Multiple Imputation Through XGBoost. **arXiv preprint arXiv:2106.01574**, 2 Jun. 2021.
- DERYUGINA, T.; KONAR, M. Impacts of crop insurance on water withdrawals for irrigation. **Advances in Water Resources**, v. 110, p. 437–444, 2017.
- DURBIN, J.; KOOPMAN, S. **Time series analysis by state space methods**. [s.l: s.n.].
- GARDNER, J. **Two-stage differences in differences**. [s.l: s.n.].
- GHOSH, P. N.; MIAO, R.; MALIKOV, E. Crop insurance premium subsidy and irrigation water withdrawals in the western United States. **Geneva Papers on Risk and Insurance: Issues and Practice**, 2021.
- GOODWIN, B. K.; SMITH, V. H. An ex post evaluation of the conservation reserve, federal crop insurance, and other government programs: Program participation and soil erosion. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 28, n. 2, p. 201–216, 2003.
- GOODWIN, B. K.; VANDEVEER, M. L.; DEAL, J. L. An empirical analysis of acreage effects of participation in the federal crop insurance program. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 86, n. 4, p. 1058–1077, 2004.
- HARFUCH, L.; DANTAS LOBO, G. **RURAL INSURANCE AROUND THE WORLD AND ALTERNATIVES FOR BRAZIL DIFFERENT DESIGNS AND THEIR**

INTERLOCUTIONS WITH THE ADOPTION OF GOOD PRACTICES AND TECHNOLOGIES. São Paulo: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.agroicone.com.br/portfolio/agroicone-analisou-o-seguro-rural-em-nove-paises-e-identificou-oportunidades-para-o-brasil/>>. Acesso em: 25 may. 2022.

HE, J. et al. Input use under cost-of-production crop insurance: Theory and evidence. **Agricultural Economics (United Kingdom)**, v. 51, n. 3, p. 343–357, 1 May 2020.

HIEBERT, L. D. Production Uncertainty and Factor Demands for the Competitive Firm: An Extension. **Southern Economic Journal**, v. 48, n. 1, p. 211, 1981.

HOLLAND, P. W. Statistics and causal inference. **Journal of the American Statistical Association**, v. 81, n. 396, p. 945–960, 1986.

HOROWITZ, J. K.; LICHTENBERG, E. Insurance, Moral Hazard, and Chemical Use in Agriculture. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 75, n. 4, p. 926–935, Nov. 1993.

LAVORATO, M.; BRAGA, M. Assessing the effects of premium subsidies on crop insurance demand: An analysis for grain production in Southern Brazil. 2018.

LOYOLA, P.; MOREIRA, V.; PEREIRA, C. Analysis of the Brazilian Program of Subsidies for Rural Insurance Premium: evolution from 2005 to 2014. **researchgate.net**, v. 10, n. 7, 2016.

MAPA. **Plano Agrícola e Pecuário 2020 - 2021**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/plano-agricola-pecuario/plano-agricola-e-pecuario-2020-2021/view>>. Acesso em: 16 jul. 2022.

MAPA. **PERFIL DOS PERITOS 2022 MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**, 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E A. (MAPA). **PROGRAMAS DE APOIO AO SEGURO RURAL FEDERAL, ESTADUAIS E MUNICIPAIS**, 2022.

NIU, Z.; YI, F.; CHEN, C. Agricultural Insurance and Agricultural Fertilizer Non-Point Source Pollution: Evidence from China's Policy-Based Agricultural Insurance Pilot. **SUSTAINABILITY**, v. 14, n. 5, Mar. 2022.

OZAKI, V. A. Qual o custo governamental do seguro agrícola? **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 1, p. 123–136, 2013.

PEREIRA, L. C.; TÔSTO, S. G.; CARVALHO, J. P. DE. Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica - Erosão do solo e valoração de serviços ambientais. **alice.cnptia.embrapa.br**, p. 370, 2015.

PFEIFER, D.; LANGEN, V. Insurance Business and Sustainable Development. In: **Risk Management**. [s.l.: s.n.].

QUIGGIN, J. Risk, self-protection and ex ante economic value-some positive results. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 23, n. 1, p. 40–53, 1992.

SANTOS, G.; SILVA, F. Dez anos do Programa de Subvenção ao Prêmio de Seguro Agrícola: proposta de índice técnico para análise do gasto público e ampliação do seguro. 2017.

SILVA, E.; BERNARDES, E. Estrutura Lógica como metodologia para avaliação de políticas públicas: uma análise do PRONAF. **SciELO Brasil**, 2014.

SUN, L.; ABRAHAM, S. Estimating dynamic treatment effects in event studies with

heterogeneous treatment effects. **Journal of Econometrics**, v. 225, n. 2, p. 175–199, 1 Dec. 2021.

TANG, L.; LUO, X. Can agricultural insurance encourage farmers to apply biological pesticides? Evidence from rural China. **FOOD POLICY**, v. 105, 2021.

U.S. CONGRESS. **Federal Agriculture Improvement and Reform Act of 1996**, 1996. Disponível em: <<https://www.congress.gov/104/plaws/publ127/PLAW-104publ127.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2022

USDA ERS - 2014. , [s.d.]. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2014/may/2014-farm-act-continues-most-previous-trends-in-conservation/>>. Acesso em: 23 may. 2022

WALTERS, C. G. et al. Crop insurance, land allocation, and the environment. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 37, n. 2, p. 301–320, 2012.

WU, J. Crop Insurance, Acreage Decisions, and Nonpoint-Source Pollution. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 81, n. 2, p. 305–320, May 1999.

YOUNG, C. E.; VANDEVEER, M. L.; SCHNEPF, R. D. Production and price impacts of U.S. crop insurance programs. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 83, n. 5, p. 1196–1203, 2001.

4.8 Apêndice:

Tabela 4.8-1: Apêndice - Palavras chaves utilizadas para montar as variáveis de resposta

Legenda	Palavras chaves
Infrações Agropecuária	Extraída das variáveis (DES_INFRACAO e DES_AUTO_INFRACAO) = palavras chaves: [PECUARIA; PECUARIO; REBANHO; GADO; BOVINO; BOIS; VACA; SUINO; OVINO; OVELHA; CARNEIRO; CAPRINO; CABRA; BODE; EQUINO; ASININO; BUFALINO; BUFALO; AGRICULTURA; LAVOURA; AGRICOLA; CULTIVO; CULTIVACAO; ERROSAO; LIXIVIACAO; PLANTIO; AGRICUL]
Infrações Insumos	Extraída das variáveis (DES_INFRACAO e DES_AUTO_INFRACAO) = palavras chaves: [FERTILIZANTE; ADUBO; DEFENSIVO; PESTICIDA; AGROQUIMICO; HERBICIDA; AGROTOXICO; INSETICIDA; FUNGICIDA; BACTERICIDA; ACARICIDA; PRAGUICIDA]
Infrações R. Hídricos	Extraída das variáveis (DES_INFRACAO e DES_AUTO_INFRACAO) = palavras chaves: [AGUA; RIO; HIDRICA; RIACHO; ACUDE; ARROIO; BANHADO; CORREGO; RIACHO; AFLUENTE; SANGA; BANHADO; NASCENTE; MANGUE; LENCOL FREATICO; LENCOL SUPERFIC]
Infrações Fauna	Extraída da variável (TIPO_INFRACAO) = "Penalidade pecuniária - Fauna"
Infrações Flora	Extraída da variável (TIPO_INFRACAO) = "Penalidade pecuniária - Flora"
Infrações Desmatamento	Extraída da variável (INFRACAO_AREA) = "Desmatamento"
Infrações Queimadas	Extraída da variável (INFRACAO_AREA) = "Queimadas"

Fonte: elaborado pelo autor. **Nota:** as palavras chaves foram utilizadas para identificar a infração a partir de sua descrição, portanto, se a descrição contém essas palavras ela é classificada, por esse motivo, algumas palavras são utilizadas apenas suas letras iniciais para conseguir identificar suas variantes. As descrições dos autos foram padronizadas, foram removidos acentos e mantido tudo em letras maiúsculas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O seguro rural é um importante instrumento para a estabilidade da renda dos produtores rurais. Na ausência de um seguro rural eficiente, os produtores com dificuldades de honrar seus compromissos financeiros, recorrem à ajuda governamental na forma de renegociação de dívidas, o que acaba por gerar um círculo vicioso de alívio temporário, implicando em elevados custos financeiros para o governo e sociedade (CNA, 2020).

Contudo, as subvenções ao prêmio do seguro rural, podem gerar efeitos ambíguos sobre a produtividade agrícola, eficiência técnica, escolha de cultivos e gerar externalidades ao meio-ambiente. Dentro deste contexto, no primeiro ensaio, avaliou-se o impacto do Programa de Subvenção ao prêmio do Seguro Rural (PSR) sobre a diversidade e valor bruto da produção dos agricultores familiares. Os resultados encontrados apontaram que o grupo de unidades familiares agrícolas subvencionadas pelo PSR experimentaram um aumento no valor bruto da produção entre 15% e 31%. No contexto da diversidade da produção, não foi encontrado impacto estatisticamente significativo. Esses resultados são de suma importância, uma vez que, uma das principais características da agricultura familiar é a diversidade da produção, que está associado a um padrão de produção mais sustentável do uso dos recursos naturais, refletindo diretamente na segurança alimentar e nutricional, por meio da produção para autoconsumo.

No segundo ensaio avaliou-se o impacto do PSR sobre a produtividade e eficiência da atividade agrícola, para os cultivos de soja, milho, trigo, uva, arroz, tomate e café, que juntas representam aproximadamente 83,4% de toda a subvenção aplicada no âmbito do programa entre os anos de 2006 e 2018. Devido as limitações nos dados, as estimações tiveram que ser realizadas em nível municipal, o que por sua vez dificultou a construção de um cenário contrafactual válido. Desta forma, mesmo na presença de coeficientes estatisticamente significativos, indicando efeitos do programa sobre a produtividade e eficiência, não foi possível atribuir esses resultados ao PSR.

Já no terceiro ensaio, foi realizada uma avaliação dos impactos do PSR sobre as infrações ambientais. Os resultados encontrados, apontam que o PSR contribuiu para redução das infrações ambientais relacionadas a atividade agropecuária, insumos agrícolas e recursos hídricos. Por outro lado, foram encontradas evidências que o programa tenha contribuído para um aumento nas infrações de desmatamento e queimadas.

Diante dos resultados encontrados, acredita-se que os ensaios contribuam para uma maior compreensão dos impactos gerados pelo Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), seja no âmbito do valor e diversidade da produção da agricultura familiar, ou na

produtividade agrícola em nível municipal e externalidades ambientais. Por fim, possíveis desdobramentos para essa agenda de pesquisa seriam a utilização de métodos de dose resposta para avaliar os impactos do PSR em nível municipal, bem como uma análise exploratória para traçar o perfil dos agricultores familiares subvencionados pelo programa.

6 REFERÊNCIAS

- Barnett, B. J. (2000). The U.S. federal crop insurance program. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 48(4), 539–551. <https://doi.org/10.1111/J.1744-7976.2000.TB00409.X>
- Callaway, B., & Sant’Anna, P. H. C. (2021). Difference-in-Differences with multiple time periods. *Journal of Econometrics*, 225(2), 200–230. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2020.12.001>
- CNA. Guia de Seguros Rurais 2020 | Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/documentos-tecnicos/guia-de-seguros-rurais-2020>>. Acesso em: 2 dec. 2021.
- Ferreira, A. L. C. J., & da Rocha Ferreira, L. (2009). Experiências internacionais de seguro rural: as novas perspectivas de política agrícola para o Brasil. *Econômica*, 11(1). <https://periodicos.uff.br/revistaeconomica/article/view/34875>
- IBGE. (2020). *Área agrícola cresce em dois anos e ocupa 7,6% do território nacional*. <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/27207-area-agricola-cresce-em-dois-anos-e-ocupa-7-6-do-territorio-nacional>
- MAPA. (2022). *SISSER - Atlas do Seguro Rural*. <https://mapa-indicadores.agricultura.gov.br/publico/extensions/SISSER/SISSER.html>
- MAPA. PERFIL DOS PERITOS 2022 MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2022.
- MAPA. Plano Agrícola e Pecuário 2020 - 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/plano-agricola-pecuario/plano-agricola-e-pecuario-2020-2021/view>>. Acesso em: 16 jul. 2022.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E A. (MAPA). PROGRAMAS DE APOIO AO SEGURO RURAL FEDERAL, ESTADUAIS E MUNICIPAIS, 2022.
- Ozaki, V. A. (2005). Métodos atuariais aplicados à determinação da taxa de prêmio de contratos de seguro agrícola: um estudo de caso. *Universidade de São Paulo*, 14. <https://pdfs.semanticscholar.org/2947/265e215de84338ffb03db5622a82648cc78c.pdf>
- RAMOS, R. C. O seguro rural no Brasil: origem, evolução e proposições para aperfeiçoamento. *Informações Econômicas*, v. 39, n. 3, p. 5–16, 2009.
- Schnepf, R. (2019). US farm support: Compliance with WTO commitments. *Everycrsreport.Com*. https://www.everycrsreport.com/files/20191004_R45940_f0a6ee6ad3f945df2442b580c0f2d3c1bd9ca351.pdf
- USDA. (2016). *Use of crop insurance on U.S. farms continues to grow*. <https://www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/gallery/chart-detail/?chartId=79141>