



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

NATHALIA TOLENTINO DE LIMA ABREU

**ANÁLISE DO PROGRAMA DE GARANTIA DA ATIVIDADE
AGROPECUÁRIA (PROAGRO), RISCOS CLIMÁTICOS PARA OS
ESTADOS DO SUL DO BRASIL: 2013 A 2023**

Brasília, DF
2025

Nathalia Tolentino de Lima Abreu

**ANÁLISE DO PROGRAMA DE GARANTIA DA ATIVIDADE
AGROPECUÁRIA (PROAGRO), RISCOS CLIMÁTICOS PARA OS
ESTADOS DO SUL DO BRASIL: 2013 A 2023**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronegócios, da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Agronegócios.

Orientadora Prof^a. Dr^a. Elen Presotto

Brasília, DF
2025

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T162a Tolentino de Lima Abreu, Nathalia
ANÁLISE DO PROGRAMA DE GARANTIA DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA
(PROAGRO), RISCOS CLIMÁTICOS PARA OS ESTADOS DO SUL DO
BRASIL: 2013 A 2023 / Nathalia Tolentino de Lima Abreu;
orientador Elen Presotto. Brasília, 2025.
108 p.

Dissertação(Doutorado em Administração) Universidade de
Brasília, 2025.

1. Proagro. 2. Seguro rural. 3. Riscos Climáticos. 4.
Região Sul. I. Presotto, Elen, orient. II. Título.

Nathalia Tolentino de Lima Abreu

**ANÁLISE DO PROGRAMA DE GARANTIA DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA
(PROAGRO), RISCOS CLIMÁTICOS PARA OS ESTADOS DO SUL DO BRASIL:
2013 A 2023**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronegócios, da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestra em Agronegócios**.

Aprovada em 18 de julho de 2025:

**Elen Presotto, Dr^a (UnB)
(Presidente/Orientador)**

Armando Fornazier, Dr (UnB)

Gabrielli do Carmo Martinelli, Dr^a (UEMS)

Brasília, DF
2025

DEDICATÓRIA

A Deus e a Nossa Senhora, a quem devo tudo que sou e tudo que tenho, por guiarem meus passos e darem forças nos momentos mais desafiadores desta jornada.

À minha mãe, minha fortaleza, exemplo de coragem, dedicação, força e amor incondicional.

Ao meu noivo, Rodrigo, meu porto seguro e companheiro em cada etapa deste caminho.

À minha avó e ao meu avô, com seu carinho, dedicação e amor, sempre me ensinaram o verdadeiro valor da família. Em especial ao meu avô, que mesmo não estando mais aqui, permanece vivo em minhas lembranças e no meu coração.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, agradeço a Deus, por Sua infinita bondade e misericórdia, e à Virgem Maria, minha Mãe e protetora, por interceder por mim e me conduzir com amor materno ao longo desta jornada.

À minha amada mãe, minha base e maior inspiração. Por ser a razão de cada uma das minhas lutas e conquistas, e por me ensinar, com seu amor e sua força, o verdadeiro significado de dedicação e coragem.

Ao meu noivo, por todo apoio, compreensão e incentivo ao longo desta caminhada. Sua paciência e companheirismo foram fundamentais para que eu seguisse firme, mesmo nos momentos mais desafiadores.

À minha avó, por todo amor, carinho e pelos valores que sempre me ensinou com tanta delicadeza e fé. Ao meu avô, que deixou memórias e ensinamentos que guardo com muito amor.

À minha tia Moema e ao meu padrinho Tião, por todo o carinho, apoio e cuidado, que estiveram presentes em cada etapa da minha vida.

Aos meus amigos, por estarem sempre ao meu lado com apoio, palavras de incentivo e por tornarem essa caminhada mais leve e especial. Sou grata por cada gesto de amizade, pelas risadas nos momentos difíceis e por acreditarem em mim ao longo deste processo.

À minha querida orientadora, Dra. Elen Presotto, pela confiança, paciência e por suas orientações, que foram fundamentais para a realização deste trabalho. Um exemplo de profissionalismo, dedicação e honestidade. Desejo que todos tenham a honra de contar com uma orientadora tão dedicada, humana e cuidadosa. Sempre estive disposta a me ajudar a superar todos os desafios ao longo desta jornada.

Por fim, registro que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, cujo incentivo foi essencial para a concretização desta pesquisa.

RESUMO

ANÁLISE DO PROGRAMA DE GARANTIA DA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA (PROAGRO), RISCOS CLIMÁTICOS PARA OS ESTADOS DO SUL DO BRASIL: 2013 A 2023

AUTORA: Nathalia Tolentino de Lima Abreu
ORIENTADORA: Elen Presotto

O agronegócio exerce um papel estratégico na economia brasileira, com significativa participação no Produto Interno Bruto (PIB) e geração de empregos. A crescente frequência e intensidade de eventos climáticos extremos têm ampliado os riscos à produção agropecuária, resultando em retração no PIB e perdas expressivas na produção de culturas como milho, soja e trigo. Nesse contexto, o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) destaca-se como uma das principais políticas públicas de mitigação de risco no país, especialmente na região Sul do Brasil. Este estudo tem como objetivo geral analisar a evolução do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) e acionamentos no contexto dos estados do Sul do Brasil com relação aos riscos climáticos e financeiros para os produtores rurais. Enquanto que os objetivos específicos foram: sintetizar a criação e evolução de dados de adesão e acionamento do Proagro; estimar e analisar a evolução da alíquota em equilíbrio do Proagro em relação a capacidade de sustentação do programa e estimar os determinantes dos acionamentos do Proagro em relação a ocorrência de eventos climáticos e financeiros para os produtores rurais da Região Sul. Foi utilizada como metodologia a análise de dados em painel, que possibilitou mensurar o impacto de variáveis determinantes dos acionamentos do Proagro na ocorrência de riscos climáticos e financeiros para os produtores rurais. As variáveis analisadas incluem os valores de acionamento, temperatura média, precipitação acumulada, presença de eventos El Niño ou La Niña e cotações mensais das culturas. Os resultados apontam que fatores climáticos como La Niña e temperatura média influenciam significativamente os acionamentos do Proagro para as culturas de milho, soja e trigo, revelando padrões distintos de impacto e indicando desafios para a sustentabilidade financeira do Programa.

Palavras-chave: Agronegócio; Impacto econômico; Variabilidade climática; Seguro agrícola.

ABSTRACT

AUTHOR: Nathalia Tolentino de Lima Abreu
ADVISOR: Elen Presotto

Agribusiness plays a strategic role in the Brazilian economy, with significant participation in the Gross Domestic Product (GDP) and job creation. The increasing frequency and intensity of extreme weather events have amplified risks to agricultural production, resulting in GDP contraction and substantial losses in crop production such as corn, soybeans, and wheat. In this context, the Agricultural Activity Guarantee Program (Proagro) stands out as one of the main public risk mitigation policies in the country, especially in Brazil's Southern Region. This study aims to analyze the evolution of the Agricultural Activity Guarantee Program (Proagro) and its claims in the context of Southern Brazil states regarding climate and financial risks for rural producers. The specific objectives were: to synthesize the creation and evolution of Proagro adherence and claim data; to estimate and analyze the evolution of Proagro's equilibrium rate in relation to the program's sustainability capacity; and to estimate the determinants of Proagro claims regarding the occurrence of climate and financial events for rural producers in the Southern Region. Panel data analysis was used as methodology, which made it possible to measure the impact of determining variables of Proagro claims on the occurrence of climate and financial risks for rural producers. The analyzed variables include claim values, average temperature, accumulated precipitation, presence of El Niño or La Niña events, and monthly crop prices. The results indicate that climate factors such as La Niña and average temperature significantly influence Proagro claims for corn, soybeans, and wheat crops, revealing distinct impact patterns and indicating challenges for the Program's financial sustainability.

Keywords: Agribusiness; Economic impact; Climatic variability; Agricultural insurance.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bacen	Banco Central do Brasil
Basa	Banco da Amazônia
BB	Banco do Brasil
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CNSP	Conselho Nacional de Seguros Privados
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CPR	Cédula do Produto Rural
CREAI	Carteira de Crédito Agrícola e Industrial
DiD	Diferenças-em-Diferenças
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
IAC	Instituto Agrônomo
IAPAR	Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
GS	Garantia-Safra
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PGPM	Política de Garantia de Preços Mínimos
PIB	Produto Interno Bruto
PROAGRO	Programa de Garantia da Atividade Agropecuária
PSM	Pareamento por Escore de Propensão
PSR	Prêmio do Seguro Rural
Recor	Registro Comum de Operações Rurais
SICOR	Sistema de Operações do Crédito Rural
SISDAGRO	Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária
SNCR	Sistema Nacional de Crédito Rural

SUSEP

Superintendência de Seguros Privados

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Nível de risco e ferramenta de gestão	20
Figura 2: Atualizações no regramento do Proagro	42
Figura 3: Mapa do Brasil, com destaque para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul	54
Figura 4: Quantidade de operações com adesão ao Proagro no Brasil e nos estados de SC, PR e RS, para todas as culturas	64
Figura 5: Quantidade total de adesão em SC, PR e RS para todas as culturas, em comparação com a adesão para as culturas de milho, soja e trigo do ano safra de 2013 a 2023	65
Figura 6: Quantidade de operações acionadas nos estados de SC, PR e RS, para as culturas de milho, soja e trigo	66
Figura 7: Quantidade de operações contratadas, acionadas e deferidas nos estados de SC, PR e RS, para as culturas de milho, soja e trigo	67
Figura 8: Quantidade de operações acionadas nos estados de SC, PR e RS, por evento sinistrante	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo de variáveis utilizadas em estudo aplicados de Proagro e seguros	52
Quadro 2: Procedimentos para modelos de dados em painel	58
Quadro 3: Municípios com maior número de acionamento, as estações selecionadas e suas respectivas geolocalizações, para os estados de SC, PR e RS	61
Quadro 4: Variáveis utilizadas	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de contratos firmados, quantidade de contratos com acionamento e % de contratos que foram acionados, para cada ano safra, de todo o Brasil, para todas as culturas	44
Tabela 2: Quantidade de contratos firmados e quantidade de contratos com acionamento, para cada ano safra, de todo o Brasil, para todas as culturas	46
Tabela 3: Área plantada, produção e produtividade para o Brasil e região Sul, para cada ano safra, para as culturas de milho, soja e trigo	63
Tabela 4: Quantidade de contratos de operações com adesão ao Proagro, nos estados de SC, PR e RS, para as culturas de milho, soja e trigo	66
Tabela 5: Quantidade de acionamentos, por evento, nos estados de SC, PR e RS, para todas as culturas	70
Tabela 6: Área amparada, valor amparado e taxa de crescimento nas operações com adesão ao Proagro, nos estados de SC, PR e RS, para todas as culturas	73
Tabela 7: Valores da Aliq m e Aliq e para os anos safras entre 2013/2014 e 2022/2023, para os estados do Sul, para as culturas de milho, soja e trigo	75
Tabela 8: Estatísticas dos testes de raiz unitária, cointegração e p-valores para o teste de Fischer (baseado no Dickey Fuller Aumentado-DFA)	78
Tabela 9: Estatísticas dos testes e hipóteses para modelos de dados em painel para a cultura do milho	79
Tabela 10: Resultados dos modelos de dados em painel para a cultura do milho	80
Tabela 11: Estatísticas dos testes e hipóteses para modelos de dados em painel para a cultura da soja	81
Tabela 12: Resultados dos modelos de dados em painel para a cultura da soja	81
Tabela 13: Estatísticas dos testes e hipóteses para modelos de dados em painel para a cultura do trigo	83
Tabela 14: Resultados dos modelos de dados em painel para a cultura do trigo	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	17
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivos Específicos	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 RISCOS CLIMÁTICOS	18
2.2 PANORAMA GERAL DA SOJA, MILHO E TRIGO NO BRASIL	23
3 CRÉDITO RURAL NO BRASIL	29
3.1 SEGURO RURAL	32
3.2 PROAGRO	34
3.3 PROAGRO MAIS	44
3.4 O PROAGRO E SEGURO APLICADOS	46
4 METODOLOGIA	53
4.1 ÁREA DE ESTUDO	53
4.2 MÉTODO E FORMALIZAÇÃO DO MODELO	55
4.3 FONTE E BASE DE DADOS	59
5 RESULTADOS	63
5.1 RISCOS CLIMÁTICOS E SUSTENTABILIDADE FINANCEIRA DO PROAGRO	63
5.2 RISCOS CLIMÁTICOS FINANCEIROS E ACIONAMENTO DO PROAGRO	77
6 DISCUSSÃO	87
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93

1 INTRODUÇÃO

O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio¹ brasileiro alcançou, entre os anos de 2020 a 2022, marcas consecutivas de crescimento. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (FAO, 2024), o Brasil ocupa a terceira posição entre os maiores produtores de alimentos do mundo, destacando a relevância global do setor agrícola. Em 2021, o agronegócio representou mais de 26% do PIB nacional. No entanto, adversidades climáticas registradas em 2022 impactaram negativamente esse desempenho, ocasionando uma retração de aproximadamente 1,8% no PIB brasileiro (CEPEA, 2023).

Para o ano de 2024, projeta-se nova queda de 3,5%, influenciada pela redução nos preços e pelas perdas expressivas nas colheitas, com destaque para a diminuição de 12,26% na produção de milho e de 4,67% na de soja ocasionadas por fatores climáticos que influenciam na queda na produtividade média. No Paraná, principal estado produtor de trigo, a produção foi reduzida em 32% em razão da seca severa durante o inverno e das geadas ocorridas próximas à colheita, resultando em perdas estimadas em 1,2 milhão de toneladas de trigo em relação à projeção inicial (CEPEA, 2024).

A produtividade das culturas de soja, milho e trigo apresentam alta sensibilidade às condições climáticas, contribuindo de forma significativa para a incerteza produtiva no setor agrícola. Diversos estudos apontam que o risco climático constitui um dos principais elementos da variabilidade tanto na produtividade quanto na qualidade dessas culturas (Ray *et al.*, 2019; Zambrano-Medina *et al.*, 2024).

Entre os anos de 2013 e 2023, a participação percentual do agronegócio no PIB nacional oscilou entre 18,6%, em 2014, e 26,6%, em 2021, atingindo 24% em 2023. Apesar de não ter ultrapassado a marca de 30% ao longo do período, observa-se uma relativa estabilidade desde 2015, quando atingiu 20%. Em termos absolutos, a renda do setor apresentou crescimento contínuo, alcançando R\$ 2.609.737 milhões

¹ Calculado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da Esalq/USP, com parceria da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio é dividido em dois ramos, o agrícola e o pecuário. Sendo cada um composto por quatro principais segmentos: insumos, setor primário, agroindústria e serviços. O somatório dos segmentos gera o valor do PIB de cada um dos dois ramos, ou seja, PIB agrícola e PIB pecuário. A adição dos dois valores consiste na formação do PIB do agronegócio (CEPEA, 2017).

em 2023 (CEPEA, 2024), o que evidencia a importância econômica do agronegócio para o país.

Os impactos dos eventos climáticos extremos também refletem diretamente nos resultados econômicos nacionais. Estimativas da FAO indicam que os 78 desastres naturais ocorridos entre 2003 e 2013 geraram perdas de aproximadamente US\$140 bilhões, dos quais US\$30 bilhões afetaram o setor agrícola, representando 22% do prejuízo total. A seca correspondeu a 84% desses impactos (FAO, 2015). No Brasil, em média, mais de R\$11 bilhões são perdidos anualmente devido à ocorrência de eventos extremos, representando 1% do PIB Agrícola (Arias *et al.*, 2015).

A exemplo, a safra de 2015/2016 foi severamente impactada devido a ocorrência de El Niño, comprometendo severamente a produtividade na região Sul do Brasil. A produção agrícola foi reduzida em 23,9 milhões de toneladas em relação à estimativa inicial divulgada pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (CNA, 2016). Estudo realizado entre os anos de 2006 a 2021 confirma que os fenômenos El Niño e La Niña influenciam diretamente a distribuição das chuvas e das temperaturas na Região Sul do Brasil (Torres *et al.*, 2024). Mesmo o setor agropecuário sendo um dos fortes pilares da economia brasileira, é também o mais volátil em termos econômicos, podendo sofrer tanto com questões climáticas como também com oscilações dos preços internacionais (Assad, 2024).

Essas instabilidades afetam não apenas os produtores, mas toda a sociedade, dada a importância do setor para a arrecadação fiscal, a formação dos preços internos e a disponibilidade dos alimentos (segurança alimentar). Além disso, as flutuações na renda rural comprometem o bem-estar das famílias do campo (Arias *et al.*, 2015).

Diante dessa realidade, a atividade agropecuária encontra-se exposta a incertezas significativas, especialmente devido à dependência das condições climáticas e à consequente volatilidade dos preços. Nesse contexto, a gestão de riscos relacionados à produção torna-se essencial para mitigar perdas e assegurar a sustentabilidade das atividades rurais. A ausência de instrumentos eficazes de proteção pode acarretar desigualdade na competitividade, escassez de crédito, queda na produtividade e redução da renda (Medeiros, 2013; Silva *et al.*, 2014; Tabosa; Vieira Filho, 2021b).

Segundo Wang, Tack e Coble (2020), o seguro pode ser visto como a

ferramenta de redução de riscos mais eficiente e disseminada no mundo. Essa característica de disseminação se dá pela capacidade de promoção e estabilização da renda dos produtores ao atenuar as perdas financeiras (Coble; Barnett, 2013). Originalmente criado em países desenvolvidos, o seguro agrícola foi inicialmente ofertado por empresas privadas estadunidenses e europeias (Smith; Glauber, 2012).

Atualmente, é subsidiado em diversos países e possui um custo que ultrapassa o valor anual de 20 bilhões de dólares (Costa, 2023). Ozaki (2008) resume que o seguro rural pode ser entendido como um mecanismo em que um indivíduo transfere uma despesa futura, ou seja, um dano, de elevado potencial, por uma despesa previsível, com menor potencial (prêmio). Sendo um importante e eficiente mecanismo para redução de riscos sem grandes oscilações no retorno esperado (Ozaki; Mello; Spolador, 2007).

Cabe ressaltar que as ações voltadas para o planejamento, o financiamento e o seguro da produção estabelecem a base da Política Agrícola brasileira, sendo: crédito rural, apoio à comercialização e gestão de risco. O crédito rural visa financiar a produção por meio de operações de custeio, investimento e comercialização. Já o apoio à comercialização ocorre por meio de instrumentos como a Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM). Para a gestão de riscos, destacam-se o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), sob responsabilidade do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), e o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), coordenado pelo Banco Central (MAPA, 2023; Wedekin, 2019).

Nesse cenário, o fortalecimento de sistemas de monitoramento climático e o desenvolvimento de ferramentas de avaliação regionalizada de risco são apontados como estratégias fundamentais para aumentar a eficiência dos programas de proteção agrícola (Alves, 2024). Em resposta à ausência de instrumentos protetivos eficazes, foi instituído, em 1975, o Proagro, com o objetivo de desonerar o produtor das obrigações financeiras decorrentes do crédito de custeio nos casos de eventos climáticos adversos, pragas ou doenças sem métodos de controle difundidos (Costa, 2023).

Tanto o Proagro quanto o seguro agrícola visam proteger os produtores rurais diante de adversidades. Contudo, o Proagro se distingue por sua ampla cobertura e facilidade de acesso, uma vez que se trata de um programa de caráter obrigatório nas

instituições financeiras que operam com crédito rural (Arias *et al.*, 2015). Devido à abrangência territorial e ao aumento da frequência de eventos climáticos, observa-se crescimento contínuo no número de acionamentos do Proagro e, por consequência, no valor subsidiado pelo governo. Entre os anos-safra de 2013/2014 e 2022/2023, o valor amparado passou de mais de R\$ 10 bilhões para R\$ 31 bilhões (Bacen, 2024).

Embora essencial, a política pública ainda enfrenta desafios estruturais. Segundo Alves (2024), apesar da relevância das políticas públicas de mitigação de risco, ainda existe incongruência entre a estrutura normativa do Proagro e as condições práticas enfrentadas pelos produtores, o que pode comprometer a efetividade do programa em emergências climáticas.

Além disso, a adesão ao seguro rural permanece concentrada: aproximadamente 44% das apólices estão vinculadas à produção de soja, destacando a relevância desse cultivo para o setor agrícola brasileiro. Além disso, quase 60% das apólices estão concentradas na região Sul do país, especialmente nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, evidenciando a forte presença da agricultura de larga escala nessas áreas (Tabosa; Vieira Filho, 2021b, 2021a).

Os três estados do Sul do Brasil corresponderam a 84,8% do valor amparado pelo Proagro e 89,9% das indenizações (Bacen, 2024). Esse destaque da Região Sul se justifica, entre outros fatores, pelo fato de o Rio Grande do Sul ser o maior produtor nacional de trigo, além de ocupar a segunda posição na produção de soja e milho (IBGE, 2022). Dados de 2022 mostram que a cultura da soja corresponde a 32,9% dos contratos, o milho e trigo corresponderam, respectivamente, a 27,5% e 13,2% do valor amparado (Serigati, 2023).

Silva e Gosmann (2024) reforçam que análises espaciais têm mostrado que os acionamentos do seguro agrícola não ocorrem de forma aleatória, mas sim seguem padrões geográficos associados à maior incidência de estiagens. Reforçando a necessidade de uma abordagem regionalizada nas estratégias de gestão de risco.

Um dos fatores que contribuiu para o aumento no número de adesões ao Proagro é a intensificação de eventos climáticos extremos, especialmente os fenômenos El Niño e La Niña, que integram o ciclo ENSO (*El Niño–Southern Oscillation*). Esses eventos provocam anomalias na temperatura da superfície do Oceano Pacífico e geram impactos expressivos nos padrões climáticos regionais. No

Brasil, o El Niño está associado ao aumento significativo das chuvas na região Sul, o que favorece a ocorrência de alagamentos e doenças fúngicas, dificultando o manejo de culturas como soja, milho e trigo. Em contrapartida, a La Niña reduz a precipitação, sobretudo na primavera, elevando o risco de estiagens e comprometendo o desenvolvimento das lavouras. A combinação desses efeitos acentua a vulnerabilidade dos sistemas produtivos, amplia os riscos à renda dos produtores rurais e impulsiona o crescimento no número de acionamentos do Proagro (Araújo *et al.*, 2013; Berlato *et al.*, 2005; Cunha *et al.*, 2011; Torres *et al.*, 2024; IICA, 2015).

Adicionalmente, os agricultores familiares enfrentam significativas limitações no acesso a seguros agrícolas e ao crédito formal, o que amplia sua vulnerabilidade frente à intensificação de eventos climáticos extremos. Tal cenário evidencia a necessidade de formulação e implementação de políticas públicas inclusivas, capazes de incorporar as especificidades socioeconômicas dos produtores familiares e mitigar os riscos associados à instabilidade climática (Santos *et al.*, 2021).

Dados computados por Arias *et al.* (2015) mostram que se perde, em média, 1% ao ano da produção agrícola devido a eventos extremos no Brasil. As secas ocorridas nas safras de 1977 a 1979 acarretaram perdas médias de 32% ano a ano nas lavouras de soja (Farias, 1999). Outra variável que tendencia o crescimento nas adesões é o aumento da demanda por produtos agrícolas devido ao aumento das exportações (Roberts, 2005).

Ao longo dos anos as despesas com as indenizações foram maiores do que as receitas arrecadadas pelo Programa. No ano de 2022, foi computado um déficit de R\$ 454,4 milhões (Serigati, 2023). Devido aos crescentes desafios impostos pelas mudanças climáticas, a manutenção e formulação de políticas públicas eficazes para promoção da proteção da econômica agrícola tornam-se fundamentais para a manutenção do contínuo desenvolvimento e crescimento do agronegócio.

Programas públicos voltados à gestão de risco, como o Proagro, devem ser continuamente aprimorados para se adaptarem à realidade dos pequenos e médios produtores, especialmente diante de mudanças climáticas que afetam de maneira desigual diferentes regiões agrícolas (Alves, 2024). Assim, este estudo tem como pergunta problema: como a evolução do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) tem respondido aos riscos climáticos e financeiros

enfrentados pelos produtores rurais da Região Sul do Brasil?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a evolução do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) e acionamentos no contexto dos estados do Sul do Brasil com relação aos riscos climáticos e financeiros para os produtores rurais.

1.1.2 Objetivos Específicos

Sintetizar a criação e evolução de dados de adesão e acionamento do Proagro;

Estimar e analisar a evolução da alíquota em equilíbrio do Proagro em relação a capacidade de sustentação do programa;

Estimar os determinantes dos acionamentos do Proagro em relação a ocorrência de eventos climáticos e financeiros para os produtores rurais da Região Sul.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 RISCOS CLIMÁTICOS

O risco é uma característica intrínseca da atividade agrícola, estando associado aos resultados negativos decorrentes de variáveis biológicas, climáticas e de preços (Andrade, 2011). A diferenciação conceitual entre risco e incerteza foi originalmente formulada por Frank H. Knight (1921), que define o risco como uma situação em que é possível estimar as probabilidades dos resultados, com base em dados prévios ou experiências passadas. Já a incerteza diz respeito a cenários onde não é possível medir ou estimar probabilidades, seja pela falta de informações ou pela singularidade do evento.

Segundo Hazell *et al.* (1986), a aversão ao risco é uma característica comum aos agricultores, que costumam ser ponderados em relação à adoção de inovações e mudanças que envolvem incertezas financeiras. Tal conduta pode acarretar em custos de oportunidade mais elevados, principalmente ao se considerar a adoção de novas tecnologias que demandam investimentos significativos, desencadeando em uma implementação vagarosa de práticas que poderiam melhorar a produtividade e lucratividade.

O Banco Mundial classifica os riscos em quatro subdivisões: risco de produção, risco de mercado, risco financeiro, risco legal e humano (The World Bank, 2005). O risco de produção é fundamentado na alterabilidade dos resultados referentes à produção diante dos eventos climáticos, como secas, geadas, chuvas excessivas, granizo, ataque de pragas ou doenças, onde esses fatores obscurecem a estimativa da produtividade (Amaral, 2023; Brisolara, 2013).

O Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA (2015) ressalta que os efeitos sobre a agricultura variam conforme a localização geográfica: enquanto no Sul do Brasil há excesso de chuvas, em regiões como o Nordeste e o Centro-Oeste podem ocorrer secas severas, efeitos esses associados ao fenômeno El Niño. Já a La Niña tende a provocar chuvas abaixo da média no Sul, elevando o risco de perdas agrícolas (Torres *et al.*, 2024).

O risco de mercado refere-se à instabilidade nos preços de insumos e produtos

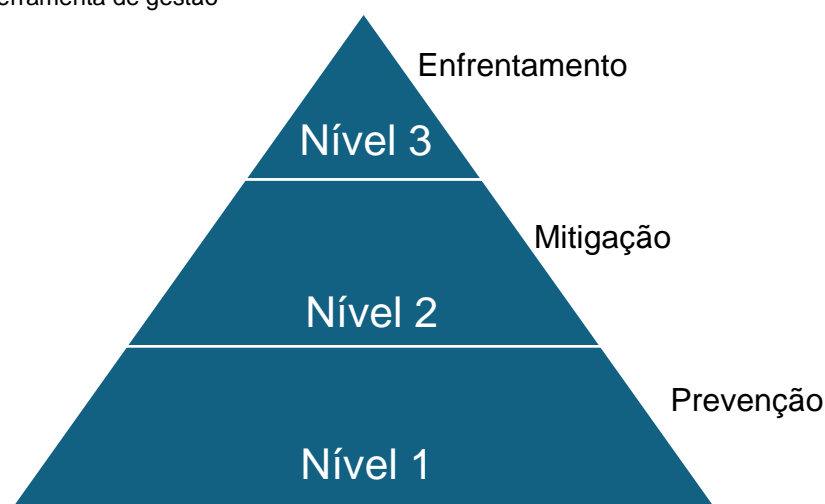
agropecuários, afetando diretamente o comportamento dos produtores. A elevação dos custos de produção, por exemplo, tende a aumentar o preço de venda dos produtos, o que pode reduzir a receita obtida. Além disso, esse tipo de risco abrange questões relacionadas à comercialização e distribuição dos produtos, sendo a precariedade da infraestrutura e da logística, fatores que potencializam sua ocorrência. Já o risco legal está associado ao descumprimento de normas e regulamentações, especialmente no que se refere a tributos e exigências legais. Por fim, o risco humano envolve falhas operacionais e de gestão, podendo ser ocasionadas tanto pelos próprios produtores quanto por seus funcionários (Brisolara, 2013).

Rodrigues *et al.* (2023) propõem uma tipologia dos riscos com base na frequência de ocorrência e na gravidade dos impactos, sejam eles sociais ou econômicos. Essa classificação tem como base a combinação entre a probabilidade de o evento ocorrer e a severidade dos danos provocados. O risco de nível 1 consiste nos riscos que são mais frequentes, porém, os danos são menores, ou seja, riscos de alta frequência, porém com impactos reduzidos. Normalmente, esses riscos são gerenciados diretamente pelo produtor, dentro da propriedade, devido à sua baixa magnitude. O segundo nível refere-se a riscos mais relevantes, cujas consequências ultrapassam a capacidade de absorção do produtor, exigindo, portanto, a adoção de mecanismos de mitigação, como a transferência dos prejuízos ao mercado (Buainain; Silveira, 2017). Já o risco de nível 3, considerado catastrófico, envolve eventos de grande severidade e baixa frequência, cuja mitigação depende da atuação do Estado (Buainain; Silveira, 2017). Segundo Torres *et al.* (2024), é justamente nesse nível, marcado por elevados riscos climáticos, que o seguro rural deve ser fortalecido, atuando como instrumento de estabilidade econômica para o setor agrícola.

Distintos instrumentos de gerenciamento podem ser utilizados para neutralizar ou atenuar os impactos decorrentes da ocorrência de eventos de risco na produção agropecuária. De acordo com Carrer *et al.* (2019), o gerenciamento desses riscos pode ser classificado em três grupos principais: prevenção, mitigação e enfrentamento, conforme ilustrado na Figura 1. O grupo da prevenção está relacionado a ações que possuem como objetivo minimizar a probabilidade de ocorrência de eventos adversos e seus impactos, sendo, portanto, considerados

mecanismos *ex-ante*. Entre os exemplos mais comuns, destacam-se a diversificação de cultivos e fontes de renda, a construção de sistemas de irrigação e barragens, adoção de tecnologias de manejo, como a fertirrigação, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) e o uso de cultivares resistentes.

Figura 1: Nível de risco e ferramenta de gestão



Fonte: elaborada pela autora (2025).

A mitigação consiste em ações que visam suavizar as consequências dos eventos adversos, sendo classificadas como medidas *ex-post*, ou seja, implementadas após a ocorrência do evento sinistrante. Exemplos dessas estratégias incluem a construção de infraestrutura de drenagem, a adoção de cultivares mais tolerantes a estresses climáticos e a realização de ajustes no calendário agrícola com base em previsões sazonais (Cunha *et al.*, 2011; IICA, 2015).

Por fim, o enfrentamento refere-se às ferramentas utilizadas pelo produtor para lidar diretamente com as perdas já ocorridas. Entre essas medidas, destacam-se a concessão de crédito emergencial, a renegociação de dívidas, a venda de ativos, o uso de reservas financeiras e a ativação de políticas públicas, como o seguro rural e as subvenções ao prêmio do seguro (The World Bank, 2005; Carrer *et al.*, 2019; Araújo *et al.*, 2013; Buainain; Silveira, 2017).

Essas estratégias são especialmente relevantes em contextos de perdas intensificadas por fenômenos climáticos como o El Niño e a La Niña, que elevam os riscos à produção e à renda agrícola. Portanto, fortalecer os instrumentos de gestão de risco, como o seguro rural e o zoneamento agrícola de risco climático é essencial

para garantir a resiliência do setor (IICA, 2015; Torres *et al.*, 2024).

Com relação à gravidade e ao alcance dos impactos, Ceballos *et al.* (2025) classificam os riscos em três categorias: idiossincrático, que se refere a perdas frequentes, porém de baixo impacto, que afetam indivíduos ou pequenos grupos, como a perda em uma única propriedade; o intermediário, que abrange eventos menos frequentes, mas com perdas mais significativas, como granizo, geadas ou inundações que atingem algumas propriedades em uma mesma região; e o risco catastrófico, associado a eventos extremos e sistêmicos, como secas prolongadas ou enchentes generalizadas, que impactam amplas áreas e populações (Ceballos *et al.*, 2025).

A agricultura é uma das atividades econômicas mais vulneráveis a riscos climáticos, como estiagens, chuvas excessivas e geadas. Tais eventos impactam diretamente a produção e a renda dos produtores, além de comprometer a estabilidade dos preços e a segurança alimentar (Torres *et al.*, 2024; IICA, 2015; Santos; Martins, 2016). Os fenômenos El Niño e La Niña, que integram o ciclo ENSO (El Niño–Southern Oscillation), estão entre os principais responsáveis por eventos climáticos extremos que afetam a produção agrícola em escala global (Araújo *et al.*, 2013). Esse ciclo é caracterizado por anomalias na temperatura da superfície do Oceano Pacífico Equatorial, ocorrendo em três fases: neutra, El Niño e La Niña (Cunha *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2013).

Na fase denominada como neutra, os ventos alísios, correntes de ar constantes que sopram dos trópicos em direção à linha do Equador, de leste para oeste, empurram as águas quentes da superfície do oceano Pacífico para o oeste, mantendo as condições climáticas equilibradas. Durante o período de El Niño, a intensidade dos ventos alísios diminui e ocorre um aquecimento atípico das águas superficiais no Pacífico tropical. Diferentemente, no La Niña ocorre um aumento da intensidade dos ventos alísios acarretando no resfriamento das águas superficiais do oceano Pacífico tropical (Cunha *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2013).

A ocorrência desses fenômenos, cujo local de origem é o Oceano Pacífico Tropical, altera as condições climáticas do mundo todo (Fontana *et al.*, 2002). No Sudeste Asiático, os anos de El Niño costumam ser acompanhados por estiagens severas e elevação das temperaturas, enquanto no Peru são registrados aumentos

significativos de precipitação, frequentemente associados a enchentes. Essas alterações climáticas também afetam a América Central e o Caribe, com alterações expressivas nos regimes de chuva e eventos de seca em diferentes épocas do ano, comprometendo a segurança hídrica e agrícola (IICA, 2015). Já no La Niña, observa-se o oposto em algumas regiões: chuvas intensas ocorrem na costa leste da Ásia, ao passo que a costa oeste dos Estados Unidos enfrenta quedas de temperatura (Deng *et al.*, 2010; HENCHIRI *et al.*, 2021; Generoso *et al.*, 2020; Torres *et al.*, 2024; Araújo *et al.*, 2013).

O ENSO provoca alterações no regime de chuvas na China, afetando a agricultura de maneira distinta conforme o ciclo agrícola e o tipo de cultura. Na África, as mudanças nos padrões de precipitação impactam diretamente a produção de alimentos. Observa-se uma redução na produtividade tanto nos Estados Unidos quanto em países da América Latina, o que repercute nos preços agrícolas e nas dinâmicas econômicas locais (Deng *et al.*, 2010; HENCHIRI *et al.*, 2021; Generoso *et al.*, 2020; Torres *et al.*, 2024; Araújo *et al.*, 2013).

No Brasil, os efeitos desses fenômenos ocorrem de forma diferente entre as regiões. Durante os episódios de El Niño, há um aumento significativo da precipitação na região Sul, especialmente no inverno e primavera, o que provoca enchentes e alagamentos (Cunha *et al.*, 2011; Araújo *et al.*, 2013). Essas condições prejudicam o cultivo de culturas de inverno como trigo e aveia, que se tornam mais suscetíveis a doenças fúngicas, além de dificultarem o manejo das lavouras de verão, como soja e milho (Berlato; Fontana, 2003).

Durante a La Niña, ocorre uma redução das chuvas na região Sul, sobretudo na primavera, o que eleva o risco de estiagens e afeta diretamente o desenvolvimento de culturas como milho e soja, provocando perdas produtivas significativas (Berlato *et al.*, 2005; Araújo *et al.*, 2013). Ao mesmo tempo, o El Niño contribui para secas prolongadas no Nordeste e parte do Centro-Oeste, comprometendo a agricultura de subsistência (Araújo *et al.*, 2013; IICA, 2015).

Os fenômenos El Niño e La Niña possuem efeitos expressivos na produção agrícola brasileira, em especial nas culturas de grãos como soja, milho e trigo. Durante os anos de El Niño, o excesso de umidade na região Sul prejudica as culturas de inverno, a exemplo do trigo e aveia, que se tornam mais suscetíveis a doenças

fúngicas e apresentam menor qualidade de grão e rendimento (Berlato; Fontana, 2003).

Essas condições também afetam o manejo das lavouras de verão: a soja e o milho, por exemplo, enfrentam dificuldades no preparo do solo, aumento da incidência de pragas e doenças, além de atrasos na colheita devido aos altos índices pluviométricos (Araújo *et al.*, 2013). Em anos de La Niña, a redução das chuvas no Sul, com destaque para a primavera, aumenta o risco de estiagens, impactando negativamente o desenvolvimento de milho e soja, culturas altamente dependentes de regularidade hídrica (Berlato *et al.*, 2005).

2.2 PANORAMA GERAL DA SOJA, MILHO E TRIGO NO BRASIL

Pertencente à família Fabaceae (leguminosas), a soja (*Glycine max*) é uma cultura de grande importância econômica e agrônômica no Brasil (EMBRAPA, 2024). Originária da Ásia, teve seu início nas regiões da antiga China e expandiu-se globalmente, chegando ao Brasil por volta do século XIX (Battisti; Bender; Sentelhas, 2018). No final dos anos 1940, a cultura adquiriu importância econômica, onde em 1941, teve o primeiro registro nacional de produção de soja, alcançando 457 toneladas. No ano de 1949, o Brasil, pela primeira vez, foi classificado como produtor de soja nas estatísticas internacionais, com o montante de 25.881 toneladas (Dall'Agnol, 2016).

Inicialmente a cultura encontrou no Rio Grande do Sul condições climáticas ideais para seu desenvolvimento, tendo em vista que o clima era semelhante ao dos Estados Unidos, local de onde foram trazidas (Silva *et al.*, 2022). O estabelecimento da soja no Brasil foi um fator importante no desenvolvimento econômico social, representando uma transição significativa no modelo produtivo do país, saindo da agricultura de subsistência para um modelo agroindustrial (Dall'Agnol, 2016).

Graças a incentivos por meio de políticas de financiamento e pela quantidade de pesquisas voltados para o melhoramento genético da soja, desenvolvidos por órgãos como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e universidades, houve a expansão territorial nacional da cultura (Medina *et al.*, 1981). O desenvolvimento de cultivares adaptadas às

diferentes condições edafoclimáticas do país permitiu a transição da produção concentrada no Sul para o Centro-Oeste, especialmente o Mato Grosso, que atualmente lidera o ranking nacional de produção (EMBRAPA, 2023; CNA, 2025).

Além disso, novas fronteiras agrícolas surgiram nas últimas décadas, como o MATOPIBA, região que engloba partes do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, contribuindo para a ampliação da área plantada e para o posicionamento do Brasil como o maior exportador mundial da oleaginosa (EMBRAPA, 2023).

O Brasil é o maior produtor de soja do mundo, e o agronegócio (setor que inclui a soja) representa cerca de 30% do PIB brasileiro. O crescimento da produtividade da oleaginosa está ligado a vários fatores, mas o principal é a presença de clima favorável, que proporciona um bom desenvolvimento das plantas e diminuindo a taxa de incidência de pragas e doenças (CNA, 2025). O aumento das temperaturas durante as fases críticas do desenvolvimento da planta, como a fase de florescimento, pode levar a condições de redução da produtividade, diante da redução na quantidade de grãos produzidos (Zhang; Yang, 2019; Santos *et al.*, 2022; Tao *et al.*, 2016).

A presença ou a ausência de chuvas também é um fator que compromete o desenvolvimento da lavoura, influenciando negativamente a produtividade (Lisbinski, 2024). Segundo Kumari *et al.* (2024), temperaturas superiores a 30 °C reduzem o rendimento da soja, especialmente em sistemas de cultivo de sequeiro. Quando essas condições são associadas a longos períodos de seca ou a episódios de alagamento, os impactos se intensificam, podendo chegar a uma perda de 93% em razão de déficit hídrico (Berlato; Fontana, 2003). Além disso, Tao *et al.* (2016) pontuam que eventos climáticos extremos, como ondas de calor e estiagens prolongadas elevam o estresse hídrico nas plantas e podem comprometer significativamente o desempenho das safras.

A cultura do milho também ocupa posição de grande destaque econômico no Brasil, sendo a segunda cultura mais cultivada no Brasil (CNA, 2025). Base de várias cadeias produtivas diversificadas, como a suína, avícola, na produção de ovos e de etanol, o milho (*Zea mays*), sustenta uma ampla rede agroindustrial. O Brasil é atualmente o terceiro maior produtor mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China, com participação estimada de aproximadamente 11% da produção mundial (USDA, 2025).

Originário da Mesoamérica, particularmente do atual território do México, o grão teria sido domesticado a partir do teosinto há cerca de 9.000 anos. No Brasil, há indícios da sua presença há pelo menos 6.000 anos, especialmente na região amazônica. O cultivo foi introduzido pelos povos indígenas antes da chegada dos colonizadores europeus. Durante a colonização portuguesa, o milho foi amplamente adotado por seu fácil cultivo e adaptabilidade ao clima tropical (EMBRAPA, 2020).

Um dos principais diferenciais da produção de milho no Brasil é a possibilidade de cultivo ao longo de todo o ano. A primeira safra, conhecida como safra de verão, está associada ao período de chuvas do Centro-Sul, onde o plantio ocorre de setembro a dezembro, sendo as lavouras colhidas entre janeiro e abril. O estado do Rio Grande do Sul lidera a produção de milho primeira safra (Santos, 2020; Conab, 2025).

A segunda safra, ou safrinha, é semeada após a colheita da soja, entre janeiro e março. Inicialmente de menor importância, diante das restrições das condições climáticas para o crescimento da cultura, a safrinha ganhou relevância com o passar dos anos, se consolidando como o principal ciclo produtivo do milho no Brasil, impulsionada pelo avanço tecnológico, tolerância das cultivares à seca e pelo uso eficiente da área agrícola por meio da rotação soja–milho. A Conab estima, para a safra 2024/2025, uma produção total de milho de aproximadamente 124,7 milhões de toneladas, 8,5% maior que a do ano anterior. Isso inclui uma estimativa de 98 milhões de toneladas para a safra de safrinha, representando 80% da produção total de milho do Brasil (Santos, 2020; Conab, 2025; SEEDWORLD, 2025).

Nas regiões de clima mais ameno, como o extremo sul do Brasil, o cultivo do milho se concentra majoritariamente na primeira safra. À medida que se aproxima das regiões de menor latitude e temperaturas mais elevadas, como ocorre no Centro-Oeste, ocorre a predominância do cultivo na segunda safra (Santos, 2020; Conab, 2025).

Com um papel crucial na segurança alimentar global, a produtividade do milho é fortemente influenciada pelas altas temperaturas e disponibilidade de água durante seu ciclo. Elevadas temperaturas durante estágios críticos do desenvolvimento da cultura, como na fase de polinização e do enchimento de grãos, podem provocar estresse térmico, acarretando em quedas na produtividade. Sob condições de

estresse hídrico, cada grau acima de 30 °C pode reduzir os rendimentos em até 1,7% (Zhang *et al.*, 2021; Lobell; Burke, 2010).

Zambrano-Medina *et al.* (2024) observam que alterações nos regimes de chuva afetam diretamente o desempenho do milho, especialmente no regime de sequeiro. A ocorrência de extremos climáticos, como estiagens prolongadas ou excesso de chuvas, compromete a fase inicial e o desenvolvimento vegetativo (Zambrano-Medina *et al.*, 2024). Outras culturas igualmente relevantes para o Brasil, como o trigo, também enfrentam desafios semelhantes, sobretudo quanto à dependência de condições ambientais favoráveis e à necessidade de manejo eficiente.

A cultura do trigo (*Triticum spp.*) apresenta relevante papel histórico e econômico na agricultura brasileira. Introduzido no país pelos colonizadores portugueses, inicialmente em áreas do litoral e, posteriormente, expandido para regiões de clima mais ameno, o trigo passou por diversos ciclos de adaptação e desenvolvimento. A partir da década de 1940, os programas de melhoramento genético, como os promovidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e pela Embrapa Trigo, contribuíram significativamente para a consolidação do cereal nas regiões Sul e Centro-Oeste do país (Scheeren, 2011).

Embora o Brasil ainda dependa da importação para suprir sua demanda interna, o trigo é a principal cultura de inverno no país, com destaque para os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, que juntos respondem por mais de 85% da produção nacional (IBGE, 2025). A expansão da cultura em áreas de cerrado, como em Goiás e no Distrito Federal, tem sido possível graças à utilização de cultivares adaptadas ao cultivo em sequeiro, ao desenvolvimento de sistemas de produção integrados e à melhoria na resistência às doenças fúngicas (Chagas *et al.*, 2021)

A produção brasileira tem buscado reduzir a dependência externa, especialmente em função das oscilações de preço e da qualidade do trigo importado. Embora o país seja um dos dez maiores importadores mundiais do grão, com consumo anual superior a 12 milhões de toneladas, sua produção interna ainda é insuficiente para atender plenamente a essa demanda. A produção nacional do trigo tem girado entre 9 e 9,5 milhões de toneladas, sendo o Sul responsável por 87% da produção nacional (Souza; Vieira Filho, 2021). A Argentina é o principal país fornecedor, em virtude da isenção de tarifas no âmbito do Mercosul (USDA, 2024).

Apesar dessa dependência externa, o Brasil tem avançado em direção à autossuficiência. Na década de 2000, a produção nacional supria pouco mais de 30% do consumo interno, já na safra de 2022/2023 foi alcançado o índice de aproximadamente 80%. Esse avanço tem sido impulsionado pela expansão do cultivo do trigo em regiões tropicais, como no Cerrado, onde cerca de 400 mil hectares são atualmente dedicados à cultura (USDA, 2024; IBGE, 2025).

A busca por maior autossuficiência na produção tritícola tornou-se ainda mais estratégica diante das instabilidades geopolíticas globais. A invasão russa à Ucrânia em 2022 exemplifica como conflitos internacionais podem afetar drasticamente os mercados globais de commodities agrícolas, resultando em aumentos significativos nos preços do trigo em escala mundial. Conforme demonstrado por estudos recentes, o conflito causou aumentos de aproximadamente 2% nos preços do trigo na maioria dos países, evidenciando a vulnerabilidade dos mercados importadores às interrupções na cadeia de suprimento global (Devadoss; Ridley, 2024). Tal cenário reforça a importância estratégica da produção nacional para reduzir a exposição do país às volatilidades do mercado internacional e garantir maior segurança alimentar.

Apresentando elevada sensibilidade às condições climáticas ao longo de seu ciclo produtivo, o trigo é particularmente afetado por fatores como temperatura e disponibilidade hídrica, sobretudo nas fases de floração e enchimento dos grãos. Esses estágios são considerados críticos para a formação do rendimento da cultura. Asseng *et al.* (2015) destacam que o aumento nas temperaturas pode comprometer tanto a produtividade quanto a qualidade do grão, acarretando em menor peso e teor de proteína, o que diminui a qualidade do grão.

Déficits hídricos durante essas fases reduzem o potencial produtivo da planta, enquanto volumes excessivos de precipitação podem causar encharcamento do solo, afetando negativamente o desenvolvimento e a colheita. Essas oscilações climáticas intensificam os riscos da produção, especialmente em áreas dependentes do regime de sequeiro (Ali *et al.*, 2017).

As culturas de milho, soja e trigo são fortemente influenciadas pelas condições climáticas, sobretudo em fases críticas como a floração e o enchimento de grãos. A escassez ou o excesso de chuvas, aliada a temperaturas elevadas, pode comprometer a produtividade e a qualidade final das lavouras, especialmente em

áreas sem irrigação (Lisbinski, 2024). Instrumentos de mitigação de riscos, como o seguro rural, tornam-se essenciais para reduzir os impactos financeiros das perdas, permitindo maior resiliência do produtor frente às adversidades climáticas (Alves, 2022).

3 CRÉDITO RURAL NO BRASIL

O crédito rural constitui importante instrumento de política agrícola, destinado a fomentar o crescimento econômico e o desenvolvimento social do setor agropecuário brasileiro (Rodrigues *et al.*, 1978). Sua evolução histórica pode ser dividida em quatro fases. A primeira estende-se do período colonial até 1937, intervalo no qual inexistia uma estrutura formal de financiamento ao campo. A segunda, de 1937 a 1965, teve início com a criação da Carteira de Crédito Agrícola e Industrial (CREAI), sob responsabilidade exclusiva do Banco do Brasil, representando a primeira ação concreta de institucionalização da política governamental de crédito rural no país (Castro, 2017).

Ramos e Martha Junior (2010) destacam que, apesar da CREIA representar a primeira ação concreta em prol da institucionalização da política governamental de crédito rural no Brasil, essa exclusividade acarretou na fragilidade desse sistema, conforme citado por Servilha (1994, p.49): “[...] escassez de agências do Banco do Brasil, escassez de recursos para atender os financiamentos de longo prazo e a própria fragilidade do sistema, que não permitia a participação dos demais bancos comerciais.”

No terceiro período, de 1965 até 1981, ocorreu a consolidação de uma política agrícola efetiva devido a criação, pela Lei 4.829/65, do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), que é constituído por órgãos básicos, vinculados e articulados. Fazem parte desse sistema o Banco Central do Brasil (Bacen), Banco do Brasil (BB), Banco da Amazônia (Basa) e Banco do Nordeste (BNB). Já o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), os bancos privados e estaduais, as caixas econômicas, as cooperativas de crédito rural e sociedades de crédito fazem parte dos órgãos vinculados (Castro, 2017).

Ademais, estão entre os órgãos articulados, instituições oficiais de valorização regional e entidades de prestação de assistência técnica (Brasil, 1965). As diretrizes conduzidas pelo SNCR são aprovadas pelo Conselho Monetário Nacional (CMN). Por fim, o quarto período, que inicia em 1990 (Castro, 2017).

O SNCR fez com que a modernização da agricultura fosse estimulada diante da integração com a indústria (Carvalho *et al.*, 1994). Em seu estudo, Sayad (1978)

pontua que a criação do Sistema teve como finalidade fornecer mais recursos à agricultura, tendo em vista que os bancos privados não estavam conseguindo atender de forma satisfatória e eficiente à demanda do setor. Essa atuação insatisfatória do setor privado não necessariamente está atrelada somente à falta de recursos financeiros, mas também à falta de interesse em assumir os riscos provenientes das atividades agrícolas (Oliveira, 1995).

O crédito rural, definido pelo art. 2º da Lei nº 4.829 de 05 de novembro de 1965, consiste em um “[...] suprimento de recursos financeiros por entidades públicas e estabelecimentos de crédito particulares a produtores rurais ou a suas cooperativas para aplicação exclusiva em atividades que se enquadrem nos objetivos indicados [...]”, e possui quatro objetivos norteadores:

- I – estimular o incremento ordenado dos investimentos rurais, inclusive para armazenamento beneficiamento e industrialização dos produtos agropecuários, quando efetuado por cooperativas ou pelo produtor na sua propriedade rural;
- II – favorecer o custeio oportuno e adequado da produção e a comercialização de produtos agropecuários;
- III – possibilitar o fortalecimento econômico dos produtores rurais, notadamente pequenos e médios;
- IV – incentivar a introdução de métodos racionais de produção, visando ao aumento da produtividade e à melhoria do padrão de vida das populações rurais, e à adequada defesa do solo.

De acordo com Vieira Filho e Fishlow (2017), o crédito rural faz parte do tripé – crédito, pesquisa e extensão rural – que serviu como protagonista para a expansão agropecuária. Pintor, Silva e Piacenti (2015) destacam que o crescimento do setor agrícola está intrinsecamente relacionado à ampliação da oferta de crédito. Até o período de 1960, a agricultura era considerada um setor dependente de estímulos econômicos provenientes do setor público e do industrial, por exemplo. Entretanto, nos anos 1970 e 1980, tanto os estudos quanto às políticas econômicas passaram a avivar o papel da agricultura no desenvolvimento econômico, o que levou à percepção de uma correlação quase que mutualística de crescimento entre os demais setores da economia e o agrícola.

Os financiamentos rurais são caracterizados conforme sua finalidade, podendo ser de custeio, investimento e comercialização. O crédito destinado para custeio é aquele em que possui como finalidade cobrir as despesas oriundas da produção

agrícola ou pecuária, ou seja, os gastos atrelados àquele ciclo produtivo. O de investimento possui como finalidade o investimento em bens e serviços para a condução da atividade em questão, esse tipo de investimento não se limita ao tempo de um ciclo produtivo (Brasil, 1965; 2004).

Por fim, o crédito destinado à comercialização é utilizado para atender as despesas oriundas com a finalização da produção, seja colheita, armazenamento, transporte, distribuição. No que tange à fonte, os recursos podem ter duas origens, os que possuem a nomenclatura de recursos controlados, ou seja, suas taxas são controladas pelo Governo Federal, e os recursos não controlados, que têm taxas livres, estabelecidas pelo mercado (Brasil, 1965; 2004).

O crédito rural assegura e proporciona a circulação do dinheiro entre os produtores, o governo, as instituições financeiras e empresas privadas. Dessa forma, fazem parte do sistema de governança na cadeia agroindustrial (Almeida, 2015). Tendo em vista que toda atividade de crédito está atrelada a algum tipo de risco, é indispensável que políticas e ferramentas sejam desenvolvidas visando atender as necessidades, serem lucrativas e possuírem níveis de riscos aceitáveis (Castilhos; Henkes, 2021).

Nos Estados Unidos, por exemplo, o fortalecimento da agropecuária também foi impulsionado por políticas públicas ligadas ao crédito e ao seguro agrícola. A criação da *Federal Crop Insurance Corporation*, em 1938, marcou o início dessa trajetória, mas foi a partir das reformas adotadas nas décadas seguintes, especialmente após 1980, com a *Crop Insurance Reform Act* de 1994 e o *Agricultural Risk Protection Act* de 2000, que o programa passou a ganhar escala. Atualmente, seguro subsidiado é o principal instrumento de apoio ao produtor, cobrindo milhões de hectares e oferecendo garantias importantes para o acesso ao crédito (Wu; Goodwin; Coble, 2019).

No contexto brasileiro, a integração entre crédito rural e mecanismos de proteção tornou-se fundamental para a sustentabilidade do sistema financeiro agrícola. O Proagro exemplifica essa relação simbiótica ao funcionar como um seguro do crédito rural que protege tanto produtores quanto instituições financeiras contra adversidades climáticas (Torres; Bacha ; Antunes, 2024). Esta vinculação entre crédito e proteção é estratégica, considerando que a falta de mecanismos de mitigação de

riscos historicamente limitou o interesse do setor privado em financiar atividades agrícolas, conforme observado por Oliveira (1995), tornando o PROAGRO uma ferramenta essencial para facilitar o acesso ao financiamento rural ao reduzir os riscos assumidos pelas instituições financeiras.

3.1 SEGURO RURAL

O seguro rural é um mecanismo essencial para o desenvolvimento e crescimento agrícola, sendo uma alternativa estratégica para reduzir a inadimplência e proteger tanto produtores quanto instituições financeiras (Loyola *et al.*, 2016). A sua importância é reconhecida inclusive na Constituição Federal, de 05 de outubro de 1988, em seu art. 187, V, e na Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, conhecida como “Lei de Política Agrícola”, que estabelece o seguro rural como instrumento relevante no planejamento e execução da política agrícola nacional (Távora, 2004).

A trajetória do seguro rural do Brasil tem como marco inicial a criação da Companhia Nacional de Seguro Agrícola, no ano de 1954, por meio da promulgação da Lei nº 2.168, onde foi instituído o seguro agrário. Na Resolução de Conselho Nacional de Seguros Privados (CNSP) nº46 de 2001, modificada pela nº95, do ano de 2002, ficam estabelecidas oito modalidades de seguro rural, sendo: agrícola, pecuário, aquícola, de benfeitorias e produtos agropecuários, penhor rural, de florestas, de vida e de Cédula do Produto Rural (CPR) (Fornazier, Souza, Ponciano, 2012; Brisolara, 2013). Dentre as modalidades de seguro existentes, o seguro agrícola possui grande importância para os agricultores, por cobrir, principalmente, perdas oriundas de fenômenos meteorológicos (Fornazier, Souza, Ponciano, 2012).

O Brasil conta com duas principais vertentes de seguro rural: as que são administradas por recursos públicos, que são fornecidas por instituições financeiras ou companhias públicas, e as de recurso privado, concedidas pelas seguradoras privadas. O Proagro e o Garantia-Safra (GS) são exemplos de programas administrados pelo Governo Federal, com modelos de indenização parecidos com o do seguro agrícola presente no Brasil (Paredes, 2016).

O Proagro pode ser interpretado como uma espécie de seguro público, embora suas regulamentações, diretrizes e fiscalização não fiquem a cargo do Conselho

Nacional de Seguros Privados (CNSP) e da Superintendência de Seguros Privados (SUSEP), mas sim do Banco Central (Brisolara, 2013). Essa distinção também é vista na operacionalização dos pagamentos: no seguro privado, a indenização é paga após a entrega da documentação completa; já no Proagro, o pagamento ocorre apenas após a colheita e liberação do Bacen (Paredes, 2016).

O seguro rural, além de exercer a principal função de proteção, possui um papel primordial na concessão de crédito, na medida em que diminui a inadimplência dos produtores com as instituições financeiras (Almeida, 2007). Tanto o Proagro quanto o seguro rural têm como objetivo proteger os agricultores em casos de adversidades. No entanto, diferentemente do seguro, o Proagro oferece uma maior cobertura de eventos e detém maior facilidade de acesso, pelo fato de ser um programa de caráter obrigatório nas instituições que concedem crédito rural. Somado ao seu papel de proteção, o seguro rural exerce uma função primordial no sistema de crédito. Muitas vezes, a inadimplência ocorre como consequência direta das perdas causadas por eventos climáticos extremos e oscilações de mercado. Por exemplo, quando o produtor tem uma perda na safra e não consegue pagar as dívidas feitas para viabilizar aquela produção, ele acaba ficando sem condições de acessar crédito para a próxima. Com isso, se forma um ciclo de endividamento, em que a dificuldade de uma safra vai se arrastando para a seguinte, aumentando ainda mais a vulnerabilidade financeira do produtor (Loyola *et al.*, 2016).

Nas décadas de 1970 e 1980, o SNCR ofereceu grandes volumes de recursos com taxas de juros reais negativas. Apesar de estimularem a modernização da agricultura, essas políticas também geraram passivos financeiros expressivos, os quais, ao longo do tempo, se transformaram em um ciclo recorrente de endividamento no campo (Cidade de Araújo, 2011).

Diante dessa realidade, o seguro rural atua como uma ferramenta estratégica para romper esse ciclo. De acordo com Loyola *et al.* (2016), ao proteger a renda do produtor, o seguro não apenas garante estabilidade financeira, como também fortalece a capacidade de pagamento das dívidas, contribuindo para reduzir a inadimplência junto ao sistema bancário. A integração entre crédito e seguro é fundamental para assegurar previsibilidade de renda em cenários adversos (Loyola *et al.*, 2016; Silva e Borges, 2025). Wu, Goodwin e Coble (2019) destacam que nos

Estados Unidos, o seguro agrícola tem promovido maior estabilidade na renda do produtor e na segurança do crédito rural. Porém, mesmo possuindo ampla cobertura e forte subsídio estatal, o sistema norte-americano também enfrenta questões como o risco moral e os altos custos de administração.

3.2 PROAGRO

Instituído pela Lei n.º 5.969, de 11 de dezembro de 1973, o Proagro foi criado com o intuito de desonerar o produtor, nos casos de perda de receita causada por adversidades naturais, do cumprimento das obrigações financeiras em operações de crédito rural de custeio, ou seja, crédito destinado desde a aquisição de insumos até à colheita (Pinto, 2012). Silveira *et al.* (2008) reforçam que a criação do Programa é oriunda da falta de capacidade das atividades agrícolas de atraírem as empresas privadas de seguro, conforme abordado por Oliveira (1995).

A proposta do Proagro foi inicialmente delineada no âmbito do Programa de Seguro da Produção Agropecuária (SPAGRO), instituído em 1966 com recursos oriundos do Orçamento da União e administrado pelo Banco do Brasil. O SPAGRO, teve vida curta, principalmente por limitações operacionais e dificuldades em garantir a sustentabilidade do modelo, o que motivou a elaboração de uma nova política de apoio ao crédito agrícola, resultando na criação do Proagro (Ozaki, 2007).

A operacionalização do Proagro ocorreu em 1975, após a edição da Resolução nº 301, de 9 de outubro de 1974, pelo Banco Central do Brasil. Essa norma, atualmente revogada pela Resolução CMN nº 580, de 29 de novembro de 1979, aprova o regulamento do programa e estabelecia cobertura para eventos adversos como chuvas excessivas, geada, granizo, seca, trombas d'água, ventos frios, ventos fortes, variações excessivas de temperatura, raios e, de modo geral, qualquer fenômeno natural. Além disso, incluía a proteção contra doenças e pragas para as quais não existissem métodos de combate, controle ou profilaxia difundidos (Távora, 2004; Nogueira *et al.*, 2023).

Os recursos do Proagro eram provenientes do adicional correspondente a 1% sobre o valor financiado, além de aportes da União. Em 1979, houve uma alteração normativa em que a porcentagem de contribuição, que era de 1%, passou a ser fixada

pelo CMN. Outra mudança ocorrida foi relacionada à cobertura, passando de 80% do valor financiado para 100%, incluindo recursos próprios. Nos primeiros anos, o programa não assegurava a produção em sua totalidade, mas apenas o montante correspondente ao crédito rural contratado (Silveira *et al.*, 2008). Em razão dessa configuração inicial, Távora (2004) considerava o Proagro uma ferramenta voltada à proteção das instituições financeiras concedentes do crédito, e não ao produtor rural.

Durante as décadas de 1970 e 1980, o Proagro passou por sucessivas reformulações e ampliações, com o objetivo de aprimorar sua eficiência como instrumento de política pública para mitigação de riscos na atividade agropecuária. No entanto, os resultados foram limitados, resultando em sucessivos déficits. Entre os anos de 1973 e 1987, o programa registrou saldos deficitários em quase todos os exercícios, exceto em 1985, quando apresentou superávit. No acumulado, o prejuízo ao Tesouro Nacional ultrapassou US\$ 1,7 bilhão. Entre 1981 e 1984, a taxa média de sinistralidade foi de 212%. Além disso, o programa foi alvo de diversas denúncias de fraudes e apresentou elevados índices de inadimplência. Em resposta a esse cenário crítico, foi implementada, em 1991, uma reformulação que deu origem ao chamado “Proagro Novo” (Távora, 2004; Silveira *et al.*, 2008; Nogueira *et al.*, 2023).

Diante do não pagamento das indenizações, tendo em vista que o Tesouro não possuía caixa para realizar o pagamento de todos os acionamentos, muitos produtores acabam ficando inadimplentes com os bancos e impossibilitando de obterem novos recursos para a safra seguinte (Caffagni, 1998; Martins, 1985). Somada às denúncias e falta de pagamentos, em 1991, o Governo federal passava por grande pressão para realizar o aumento da oferta de grãos, sendo assim, o Programa reformulado foi utilizado como ferramenta para sanar essa necessidade (Rossetti, 2001).

A nova versão do Proagro seria custeada majoritariamente pelos recursos dos produtores, cabendo ao Tesouro Nacional intervir somente em situações em que os recursos do próprio Programa não fossem suficientes. Sua estrutura também foi alterada, conforme normas criadas pelo Conselho Nacional de Política Agrícola (CNPA) e aprovadas pelo CMN (Távora, 2004; Nogueira *et al.*, 2023; Rossetti, 2001).

No novo cenário, a administração continua sendo do Bacen, porém, a execução passa a ser de responsabilidade das instituições financeiras autorizadas a operar com

o crédito rural. Com a inclusão das instituições, a Comissão Especial de Recursos (CER) passou a ser responsável por decidir sobre os pedidos negados pelos agentes financeiros, ocupando o local de última instância administrativa. Anteriormente, cabia ao Bacen realizar a análise dos pedidos e a CER analisar os pedidos por ele negados (Caffagni, 1998; Santos; Martins, 2016; Rossetti, 2001).

Mesmo com a formulação, no início do novo Programa ainda havia atrasos com o pagamento dos pedidos de cobertura. Dentre as definições do pacote agrícola, editado pelo Governo Federal em julho de 1993, a regularização das dívidas do Proagro antigo estava inclusa, porém somente havia disponíveis US\$4 milhões (Almeida; Vieira, 1993). Caffagni (1998) relata que, para o ano de 1993, segundo dados da Comissão Especial de Inquérito do Endividamento Agrícola, as dívidas do “Velho Proagro” atingiam o valor de US\$ 190 milhões e o Novo de US\$ 254 milhões. Em auditoria realizada pelo Tribunal de Contas da União (TCU), a receita do Proagro foi de US\$801 milhões, enquanto sua despesa atingiu o patamar de US\$1,5 bilhão, entre os anos de 1989 à 1993.

No mesmo ano do lançamento do pacote agrícola, o Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MAPA), por meio do relatório “Eventos Generalizados e Seguridade Agrícola”, elaborado por técnicos CER e da Universidade de Brasília (UnB) para o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) realizaram cálculos sobre os sinistros e elencaram problemas estruturais do Proagro, como a ausência de fiscalizações, os atrasos no pagamento das indenizações, cálculos defasados para o estabelecimento das alíquotas, ausência de levantamento de dados para o melhor entendimento da abrangência territorial (IPEA, 2003)

Dados sobre os percentuais de incidência de secas e chuvas excessivas refletiam a vulnerabilidade do Programa, assim como coberturas indevidas nos casos de evento sinistrante ser seca para lavoura irrigada. Todos esses fatores, novamente associados à falta de recursos públicos, continuavam a inviabilizar a continuidade do Programa (Rossetti, 2001; EMBRAPA, 1999).

Mesmo com esse cenário catastrófico, à época, em 1994, foi definido que seriam feitos reparos no Proagro. Por mais que não fossem medidas totalmente resolutivas, trouxeram marcos importantes para a saúde do Programa, em destaque: a obrigatoriedade de apresentação de análise química do solo, assim como a

recomendação de aplicação de insumos, possibilidade de alocação de recurso no caso de necessidades, recolhimento automático, pelo Bacen, do adicional e organização dos dados de acionamentos. Apesar dos ajustes, ainda havia grandes lacunas a serem superadas para que o Programa se tornasse sustentável (Rossetti, 2001).

A necessidade de tornar o Programa mais eficiente levou à concepção de instrumentos técnicos capazes de auxiliar na mitigação dos riscos climáticos. Sendo assim, no ano seguinte, em 1995, o Ministério da Agricultura autorizou o Projeto de Redução de Riscos Climáticos na Agricultura, realizado pela Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (Finatec/UnB), Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Departamento Nacional de Água e Recursos Hídricos (DNAEE), Instituto Agropecuário Paranaense (IAPAR) e Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI-SC), sendo o primeiro passo para a criação do Zoneamento Agrícola no Brasil (Santos; Martins, 2016).

O desenvolvimento do ZARC passou a integrar diversas instituições federais e estaduais, como a Embrapa, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), a EPAGRI-SC e o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), conforme relatado por Scheeren *et al.* (2016), reunindo esforços técnicos e científicos para estabelecer um sistema nacional que delimita janelas de plantio com menor risco climático para cada cultura e microrregião.

Na safra de 1995/1996, os produtores já detinham dados para orientá-los sobre a melhor condução da semeadura e entendimento do clima da sua microrregião, inicialmente, em 1996, abrangia a cultura de trigo, posteriormente lavouras de sequeiro de algodão, arroz, feijão, milho e arroz irrigado da safra de verão (Santos; Martins, 2016; Rossetti, 2001).

A consolidação do ZARC como instrumento de política agrícola foi gradual. A partir de 1997, o CMN passou a exigir a observância do zoneamento para o enquadramento das operações de crédito rural, o que reforçou a importância técnica do instrumento no contexto do Proagro (Santos; Martins, 2016). Com isso, nasce um Proagro norteado pela indução do uso de tecnologias. Como forma de incentivo, alíquotas diferenciadas de adesão ao Proagro aos produtores rurais que aderissem

ao Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) foram aplicadas (EMBRAPA, 1999).

Em paralelo à consolidação do ZARC no âmbito do Proagro, seu uso também se estendeu a outros instrumentos de gestão de risco, como o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), criado pela Lei nº 10.823/2003 e regulamentado pelo Decreto nº 5.121/2004, com o objetivo de incentivar a expansão do mercado segurador agrícola nacional, tornando a adesão ao seguro algo atrativo aos produtores (Santos; Martins, 2016; Loyola, Moreira e Veiga, 2016).

Segundo Loyola e Schwantes (2020), o PSR tem como norteador a redução do custo do seguro para o produtor, na qual os produtores escolhem entre diferentes seguradoras habilitadas para contratar seus seguros, enquanto o Estado subsidia parte do valor. Diferentemente do Proagro, o programa visa estimular a participação do setor privado na gestão de riscos, compartilhando com ele a responsabilidade pela cobertura dos prejuízos.

Com o avanço tecnológico e a ampliação das áreas de abrangência do ZARC, passou-se a incorporar informações meteorológicas históricas e dados edafoclimáticos mais precisos, permitindo maior refinamento nas indicações de época de plantio segura. Esse processo contribuiu para aumentar a confiabilidade do instrumento e sua aceitação entre os produtores rurais e agentes financeiros (Santos; Martins, 2016).

Como exceção, à regra os empreendimentos contratados por beneficiários que fazem parte do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), de culturas não compreendidas pelo Zarc, poderão ser enquadrados no Programa de Garantia da Atividade Agropecuária da Agricultura Familiar (Proagro Mais), desde que apresentada indicação da Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater) para o plantio daquela cultura (Bacen, 2025).

O Proagro Mais, criado em 2004, por meio da Resolução nº 3.234, de 31 de agosto, é um subprograma do Proagro, destinado aos Pronafianos. Ou seja, visa atender os pequenos produtores vinculados ao Pronaf (Pinto, 2020). Os produtores que não se enquadram neste quesito e aderem ao Proagro, possuem seu amparo denominado de Proagro Tradicional. Nesta modalidade, somente podem ser enquadrados os empreendimentos zoneados (Bacen, 2025).

Na América Latina, embora alguns países tenham estruturado programas de apoio ao pequeno produtor rural, esses mecanismos variam bastante em termos de cobertura. No Chile, o suporte é oferecido por meio do *Instituto de Desenvolvimento Agropecuário* (INDAP), que atua como um banco de fomento voltado ao financiamento e assistência técnica para agricultores familiares. No Peru, existe o programa *Agro Protégé*, voltado à gestão de riscos climáticos na agricultura. Já no México, a seguradora estatal *Agroasemex* desempenha papel central na oferta de seguros agrícolas, sendo responsável por implementar políticas públicas nesse campo. Na Argentina, a proteção dos produtores ocorre majoritariamente por meio de programas regionais promovidos pelos governos estaduais, com base no modelo de seguro multirriscos (*Multiple Peril Crop Insurance – MPC*), voltados a determinadas culturas e regiões específicas (Oñate-Paredes; Ozaki, 2025).

Podem ser beneficiários do Proagro os produtores rurais e suas cooperativas que possuam empreendimentos de custeio rural, vinculados ou não a financiamentos rurais. O valor máximo do empreendimento a ser enquadrado pode ser alterado pelo CMN a cada safra, a partir da safra de 2023/2024 o valor por ano agrícola é de R\$270.000,00. No ano safra de 2022/2023, este valor foi de R\$335.000,00, em 2011/2013 era menor, sendo de R\$150.000,00 e no ano posterior aumentando para R\$300.000,00 (Bacen, 2025).

Ademais, enquadrando-se no valor estabelecido pelo CMN, fica obrigado a aderir ao Proagro ou ao seguro agrícola todo empreendimento financiado com participação de recursos controlados. No caso de ultrapassar o valor estipulado, fica dispensado da obrigatoriedade, sendo esse valor o de um empreendimento ou o somatório dos valores dos empreendimentos enquadrados no mesmo ano agrícola (Bacen, 2025).

Cabe ressaltar que são cobertas pelo Proagro as perdas em empreendimentos efetivamente enquadrados, desde que causadas por fenômenos naturais fortuitos relacionados aos seguintes eventos: a) chuva excessiva; b) geada; c) granizo; d) seca; e) variação excessiva de temperatura; f) ventos fortes; g) ventos frios; h) doença ou praga sem método difundido de combate, controle ou profilaxia, técnica e economicamente exequível (Bacen, 2025).

Como grande diferencial, o Proagro, além de cobrir os itens orçamentários

financiados pelo crédito rural, prevê uma indenização dos recursos próprios utilizados pelo produtor na atividade assegurada. Por outro lado, não são cobertos eventos ocorridos fora da vigência do amparo, incêndio da lavoura, plantio extemporâneo, falta de práticas adequadas de controle de pragas e doenças, erosão, deficiências nutricionais provocadoras de perda produção e exploração de lavoura há mais de três anos sem práticas de conservação, utilização de tecnologia inadequada, doenças como cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum f. sp. meridionalis*; *Phomopsis phaseoli f. sp. meridionalis*) e nematóide de cisto (*Heterodera glycines*) na lavoura de soja, implantada com variedades consideradas suscetíveis pela pesquisa oficial, independentemente do tipo de tecnologia utilizada no empreendimento (Bacen, 2025).

Para o Proagro Mais, existe a Garantia de Renda Mínima (GRM) da produção vinculada ao custeio rural, que visa garantir a subsistência de pequenos agricultores. Ao longo dos anos, ocorreram algumas alterações nos valores cobertos, no ano de 2016, o recurso era limitado a R\$ 20 mil por beneficiário e por ano agrícola, depois passou para R\$ 40 mil para empreendimentos de cultura permanente ou olericultura e para R\$ 22 mil para os demais empreendimentos. Na Resolução nº5.128 de 08 de abril de 2024, do CMN, o valor para a safra de 2024/2025 passou para R\$9.000,00.

A primeira alíquota de adicional foi estabelecida em 1%, no momento da criação do Programa (1973). Após essa época, as próximas foram definidas em consonância com as diretrizes da Política Agrícola do Governo Federal, considerando, por exemplo, o custo financeiro máximo suportável pelos produtores e a viabilidade de aplicação das condições do ZARC (Bacen, 2015b).

Em seu estudo, Pinto (2020) apresenta dados das alíquotas para o ano de 2020, que variam de 2% a 6,5%, onde os menores valores são para os empreendimentos de culturas irrigadas e cultivos protegidos, e os maiores para cevada e trigo, não havendo distinção, neste caso, para Proagro Tradicional e Proagro Mais. Cultivos com base agroecológica e orgânica também detinham da menor taxa.

Com base nos dados fornecidos pelo Bacen (2024), na Matriz de Dados do Proagro, constata-se que a quantidade de contratos que são acionados por ocorrência de eventos infortúnios possui um crescimento em quase todo o período analisado. Para as últimas duas safras, a quantidade de acionamentos no Brasil foi de 44% e 50,3% para as safras de 2021/2022 e 2022/2023, respectivamente (Bacen, 2024).

Os dados extraídos da Matriz de Dados do Proagro mostram que cada vez mais os produtores acionam o Proagro, mesmo que a quantidade de contratos firmados não cresça na mesma proporção (Bacen, 2024). Medidas restritivas, como a implementada pela Resolução CMN nº 4.915, de 2021, que veda o enquadramento de operações em que o empreendimento tenha três coberturas deferidas, consecutivas ou não, no período de sessenta meses anteriores à solicitação do enquadramento pode explicar o não aumento dessa variável.

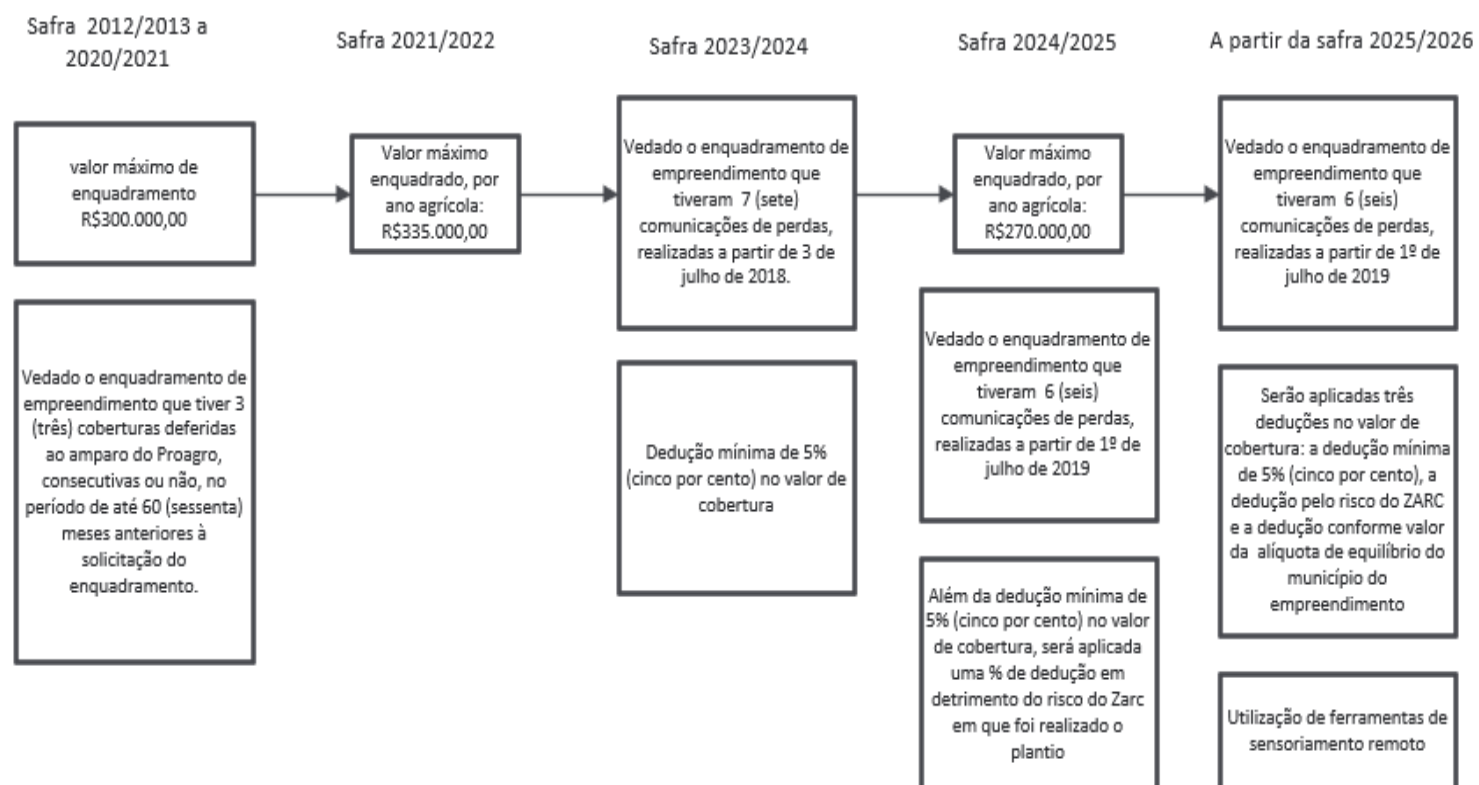
No ano de 2023, com a Resolução CMN nº 5.085, a restrição ficou ainda maior diante da vedação para empreendimento cujo CPF do(s) beneficiário(s) da operação ou cujo número de Cadastro Ambiental Rural (CAR) estejam vinculados a empreendimentos que tiverem a quantidade de comunicações de perdas atingida para os limites de:

- I) de 3 de julho de 2023 a 30 de junho de 2024: 7 (sete) comunicações de perdas, consideradas apenas aquelas em análise, deferidas ou indeferidas, realizadas a partir de 3 de julho de 2018;
- II) de 1º de julho de 2024 a 30 de junho de 2025: 6 (seis) comunicações de perdas, consideradas apenas aquelas em análise, deferidas ou indeferidas, realizadas a partir de 1º de julho de 2019;
- III) a partir de 1º de julho de 2025: 5 (cinco) comunicações de perdas, consideradas apenas aquelas em análise, deferidas ou indeferidas, realizadas a partir de 1º de julho de 2020. As medidas refletem a tentativa de restringir aqueles produtores que fazem o uso incorreto e exacerbado da política.

A Figura 2 apresenta um resumo das alterações normativas que foram ocorrendo ao longo do período analisado neste estudo. Para o ano safra 2025/2026, o CMN estabeleceu que a alíquota de equilíbrio², deverá ser um fator redutor a ser considerado nos cálculos da cobertura, determinando que quanto maior a alíquota de equilíbrio para o município que o empreendimento está localizado, maior será a dedução. Ou seja, quanto maior o risco naquela localidade, menor será o valor a ser ressarcido ao produtor.

² Mais detalhes na seção 5.2.

Figura 2: Atualizações no regramento do Proagro



Fonte: elaborada pela autora (2025).

Outra medida imposta para as safras futuras é a utilização de ferramentas de sensoriamento remoto para a constatação da efetiva emergência das lavouras. Segundo Ceballos *et al.* (2025), o uso dessa tecnologia tem sido uma das estratégias adotadas para aprimorar os seguros agrícolas baseados em índices, especialmente no que se refere à mitigação do risco de base. A partir da utilização de imagens de satélite com alta resolução espacial, como as disponibilizadas pelo programa Sentinel da Agência Espacial Europeia, tornou-se possível realizar avaliações mais precisas de danos localizados provocados por eventos climáticos adversos (Black *et al.*, 2016; Enenkel *et al.*, 2018). Essa abordagem tem sido incorporada a produtos de seguro para aumentar sua confiabilidade e atratividade junto aos produtores rurais (Ceballos *et al.*, 2025).

Dentre as aplicações bem-sucedidas em escala, destacam-se os seguros pecuários baseados em índices de vegetação e garantias de replantio associadas à ocorrência de chuvas, como no caso do programa ACRE África, que fornece recursos aos agricultores para aquisição de novas sementes em caso de falha de chuvas após o plantio (Chantararat *et al.*, 2013; Jensen *et al.*, 2024). No entanto, apesar dos avanços, essa tecnologia ainda enfrenta limitações, especialmente em áreas agrícolas muito pequenas ou fragmentadas. Além disso, a precisão na identificação de danos é afetada pela presença de nuvens e pela dificuldade de distinguir os cultivos em sistemas consorciados (Ceballos *et al.*, 2025).

Essas ações refletem a tentativa de restringir aqueles produtores que fazem o uso incorreto e exacerbado da política. Por outro lado, aumentam as exigências e limitam o acesso de produtores a proteção, podendo acarretar em uma tendência de maior restritividade ao longo do tempo e possível migração para a utilização de seguros privados (Bacen, 2025). A eficácia das normas impostas ainda não foi computada na totalidade, o que dificulta confirmar os benefícios e os malefícios das restrições.

Para entendimento da saúde do programa e previsão de consequências futuras, os dados analisados neste trabalho serão estendidos somente ao ano safra de 2022/2023, onde todas as operações contratadas já tiveram os contratos finalizados. Levando esse fato em consideração, a Tabela 1 a seguir demonstra que cada vez mais as quantidades de contratos com adesão ao Proagro são acionadas.

No contexto do Programa, o contrato acionado é aquele em que o produtor formaliza um pedido de cobertura devido a perdas na lavoura, solicitando a exoneração de suas obrigações financeiras junto à instituição financeira.

Analisando os dados, para a safra de 2022/2023, mais da metade dos contratos tiveram acionamento por perdas na lavoura. Do ano safra de 2018/2019 para 2019/2020, o percentual de contratos acionados subiu 13,2 pontos percentuais.

Tabela 1: Quantidade de contratos firmados, quantidade de contratos com acionamento e % de contratos que foram acionados, para cada ano safra, de todo o Brasil, para todas as culturas

Ano*	Contratos (Mil)	Contratos acionados (Mil)	% contratos acionados
2013/2014	471.972,00	61.970,00	13,1
2014/2015	445.036,00	45.012,00	10,1
2015/2016	334.584,00	25.051,00	7,5
2016/2017	373.056,00	41.652,00	11,2
2017/2018	330.411,00	42.402,00	12,8
2018/2019	298.265,00	37.864,00	12,7
2019/2020	293.260,00	76.091,00	25,9
2020/2021	289.011,00	68.561,00	23,7
2021/2022	298.731,00	131.340,00	44,0
2022/2023	361.659,00	182.070,00	50,3
Total	3.495.985,00	712.013,00	(-)

*Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte.

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024).

O relatório do Grupo de Trabalho Interministerial “Propostas de aprimoramento na política de gestão de risco da atividade rural” reforça que a principal desvantagem do Proagro é referente a incerteza orçamentária, tendo em vista que as despesas oriundas das coberturas são assumidas pelo valor arrecadado com o adicional cobrado e pela União, de forma complementar (Bacen, 2020).

Até 2015, o Bacen configurava o ano de 2011/2012 como o maior gerador de impacto financeiro negativo para o programa, devido à pior seca da história na Região Sul, especialmente na safra de verão, gerando um valor indenizado de R\$1,02 bilhão. Esse impacto negativo ocorre em detrimento de a maioria dos empreendimentos amparados serem não irrigados, ou seja, cultivos em sequeiro, dependendo de uma quantidade suficiente de precipitação pluviométrica (Bacen, 2015).

3.3 PROAGRO MAIS

Instituído no ano de 2004, o subprograma Proagro Mais possui como objetivos,

além de exonerar o produtor das obrigações financeiras relativas às operações de crédito, a indenização de recursos próprios por ele utilizado e GRM da produção vinculada ao custeio rural, conforme descrito no MCR 12-9-1 (Bacen, 2024). Paredes (2016) interpreta o Proagro Mais como uma ferramenta de adesão compulsória, tendo em vista que somente ocorrerá a concessão de crédito de custeio agrícola, ao amparo do Pronaf, mediante a adesão ao subprograma.

Durante os anos de 1998 a 2019, o Proagro fez o amparo de mais de 9 milhões de operações, sendo deste montante, o valor de 6,9 milhões para o Proagro Mais. Esse grande número somente foi possível quando o Proagro Mais foi inserido a partir de 2004. Para os anos de 2003 a 2004, a adesão passou de 395 mil e nos anos de 2004 a 2005 chegou a 622 mil, quando o Proagro Mais já estava com sua inserção total. O auge foi alcançado entre 2006 e 2007, com mais de 747 mil adesões (Pinto, 2020).

Nesse sentido, os dados referentes à contratação mostram que ao longo dos anos analisados no presente trabalho o subprograma Proagro Mais apresenta o maior número de adesões, sendo em média 2.726.721 milhões de contratos a mais que o Tradicional. No período de 2013/2014, houve uma adesão de mais de 421 mil contratos para pronafianos, sendo a maior taxa alcançada no período analisado (Bacen, 2024).

Os anos safras de 2019/2020 e 2021/2022 foram os períodos com menos adesão, porém mesmo com essa baixa, foram os anos onde houve um aumento significativo no número de acionamentos. De 2013/2014 a 2020/2021, a quantidade de adesões foi decaindo ao longo dos anos, chegando a 258 mil contratos em 2020/2021. Um leve aumento foi computado no ano safra de 2021/2022 e 2022/2023 (Bacen, 2024).

Mesmo que haja uma queda no número de adesões, ao longo dos anos houve crescimento na quantidade de contratos com acionamento de pedido de cobertura. Para o primeiro período analisado, quase 13% das operações contratadas foram acionadas, porém para o ano de 2022/2023, mais de 50% tiveram o pedido de cobertura ao Proagro (Bacen, 2024).

A Tabela 2 se refere à quantidade de contratos realizados com adesão ao Proagro e quantos desses foram acionados, por modalidade. O Tradicional apresenta

a mesma queda no número de adesões, saindo de 50 mil em 2013/2014 para 36 mil em 2021/2022. Da mesma forma que o Mais, houve um aumento nas adesões para 2022/2023. Em relação aos contratos acionados, comparando o ano de 2013/2014, com mais de 50 mil adesões, com o ano de 2022/2023, com um pouco mais de 51 mil adesões, a porcentagem de solicitações de cobertura saiu de 15,12% para 50,33% (Bacen, 2024).

Tabela 2: Quantidade de contratos firmados e quantidade de contratos com acionamento, para cada ano safra, de todo o Brasil, para todas as culturas

Ano*	PROAGRO MAIS		TRADICIONAL	
	Contratos (mil)	Contratos acionados (mil)	Contratos (mil)	Contratos acionados (mil)
2013/2014	421.889,00	54.242,00	50.083,00	7.728,00
2014/2015	394.842,00	36.979,00	50.194,00	8.033,00
2015/2016	301.047,00	19.959,00	33.538,00	5.093,00
2016/2017	333.107,00	35.783,00	39.950,00	5.870,00
2017/2018	299.926,00	35.109,00	30.485,00	7.293,00
2018/2019	267.830,00	31.731,00	30.435,00	6.142,00
2019/2020	261.734,00	66.800,00	31.526,00	9.314,00
2020/2021	258.353,00	60.094,00	30.658,00	8.476,00
2021/2022	261.977,00	115.669,00	36.754,00	15.871,00
2022/2023	310.458,00	156.370,00	51.368,00	25.856,00
Total	3.111.163,00	612.736,00	384.991,00	99.676,00

*Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte.

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024)

3.4 O PROAGRO E SEGURO APLICADOS

O Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) e o seguro rural são instrumentos financeiros fundamentais para proteger a saúde financeira dos produtores rurais, reduzindo riscos e promovendo a estabilidade do setor agrícola (Ozaki, 2007). A adoção dessas ferramentas é influenciada por diversos fatores, entre eles a percepção dos agricultores sobre os riscos e as incertezas associadas às mudanças climáticas, tema amplamente discutido na literatura.

Nesse contexto, Falco *et al.* (2014) analisaram o papel do seguro agrícola como mecanismo para mitigar os impactos das mudanças climáticas na agricultura, por meio de um estudo baseado em dados em painel de mais de 3.000 fazendas italianas,

abrindo o período de 1990 a 2010. Os resultados indicaram que a variabilidade climática tem um impacto significativo na demanda por seguros agrícolas, destacando a importância dessas políticas na gestão de riscos. Dessa forma, o fortalecimento dessas ferramentas, aliado a estratégias de adaptação e mitigação das mudanças climáticas, pode contribuir para a resiliência e sustentabilidade da atividade agropecuária no longo prazo.

No estudo de Siqueira *et al.* (1994), é investigado o impacto das mudanças climáticas na agricultura brasileira, utilizando modelos climatológicos e de simulação de crescimento das culturas de soja, milho e trigo, para 13 localidades. A investigação utilizou dados de precipitação, temperatura e concentração de CO₂.

Como resultado, foi constatado que a cultura do trigo seria extremamente impactada pelo aumento de temperatura, acarretando reduções no ciclo e no rendimento, resultando em uma diminuição de 1,2 milhões de toneladas na produção nacional. Por outro lado, a cultura da soja demonstrou menor sensibilidade às mudanças de temperatura e precipitação (Siqueira *et al.*, 1994). Cabe lembrar que, no levantamento realizado neste trabalho, a cultura do trigo se destaca como uma das mais preocupantes para a sustentabilidade financeira do Proagro.

Por outro lado, Shaghi *et al.* (1997) realizaram um estudo abrangendo 3941 municípios do Brasil, com dados de 310 estações meteorológicas, visando estimar os impactos das mudanças do clima, por meio do modelo ricardiano para simular os impactos do aumento de 2,5°C na temperatura e 7% de precipitação, conforme as estimativas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) de 1990, no valor da terra.

O estudo considera não apenas a produtividade dos cultivos, mas também as possíveis estratégias de adaptação que os agricultores podem adotar diante de distintos cenários climáticos. Especificamente em relação à região Sul, os resultados indicam que esta se destaca como uma das poucas áreas que podem apresentar benefícios, ainda que moderados, nos valores das terras, impactando positivamente a lucratividade média das atividades agrícolas. Esse efeito positivo é atribuído às condições climáticas da região, caracterizadas por temperaturas mais amenas, que reduzem sua vulnerabilidade a variações extremas e minimizam os riscos associados a eventos como geadas (Shaghi *et al.*, 1997).

No artigo de Ozaki e Dias (2009), é estudada a gestão de riscos para as seguradoras agrícolas ao enfrentar os desafios causados pela estiagem, que comprometem a viabilidade financeira dessas operações. Objetivando propor estratégias para reduzir os impactos financeiros, a pesquisa utiliza da análise de agrupamentos para classificar municípios do Paraná com base em características semelhantes de produtividade do milho e risco, no período de 1990 a 2005. Foram utilizados dados de produtividade municipal fornecidos pelo IBGE e, a partir da metodologia de agrupamento K-médias, os municípios foram divididos em 39 grupos.

Como resultado, foram identificados dois cenários distintos: municípios de alto risco e municípios considerados mais seguros. Os locais classificados como de alto risco foram excluídos das carteiras de seguro por apresentarem um coeficiente de variação superior ao risco agregado de todos os municípios analisados, indicando maior instabilidade na produtividade do milho e maior vulnerabilidade a perdas financeiras em caso de eventos adversos (Ozaki; Dias 2009).

Por outro lado, as regiões com coeficientes de variação mais baixos foram recomendadas para a diversificação das operações das seguradoras. Essa estratégia permite a diluição dos riscos, contribuindo para a estabilidade financeira do setor e garantindo maior sustentabilidade às políticas de seguro agrícola (Ozaki; Dias 2009).

Visando avaliar a relação entre a contratação de seguros e a vulnerabilidade financeira dos agricultores em cenários de incerteza climática, utilizou dados referentes à diversificação de culturas, tamanho das propriedades, insumos, taxas de temperaturas máximas e mínimas, e precipitação. Como resultado, foi visto que condições climáticas desfavoráveis impulsionam a procura por seguros, retratando que os agricultores reconhecem a eficiência da ferramenta (Falco *et al.*, 2014).

Carvalho *et al.* (2020) analisaram os impactos dos eventos climáticos extremos na produção agrícola brasileira, com o objetivo de investigar de que maneira fenômenos como seca, chuvas excessivas, estiagem, geada e granizo influenciaram as perdas agrícolas no período de 2002 a 2018. Para isso, foram examinados dados do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) e do Garantia-Safra.

Os resultados apontam as localidades onde cada tipo de evento climático exerce maior impacto, destacando a importância do Proagro como um mecanismo fundamental na mitigação de perdas agrícolas, uma vez que proporciona

compensação financeira aos produtores afetados. Além disso, a pesquisa evidencia que os eventos climáticos extremos não apenas comprometem a produtividade agrícola, mas também geram impactos socioeconômicos expressivos, como o aumento dos custos de produção, a elevação dos preços dos alimentos e ameaças à segurança alimentar (Carvalho *et al.*, 2020).

Nos estudos de Tabosa e Vieira Filho (2021), foram analisados os impactos do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) no Brasil, com foco em seus efeitos sobre a área plantada e a produtividade agrícola dos produtores segurados. A pesquisa utilizou dados estaduais do período de 2006 a 2018, aplicando modelos econométricos de dados em painel para a análise.

Os resultados indicam que o PSR exerce um impacto positivo significativo na produtividade dos produtores segurados, contribuindo para a estabilização da renda agrícola e incentivando a continuidade da atividade produtiva mesmo em condições adversas. Além disso, observam-se efeitos prolongados no curto e médio prazo, especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, que concentram a maior parte das apólices e dos produtores beneficiados pelo programa (Tabosa; Vieira Filho, 2021).

Sob outro enfoque, o artigo de Amaral *et al.* (2023) apresenta a metodologia desenvolvida para o ZARC da produtividade do milho (ZarcPro-Milho), um avanço no modelo tradicional utilizado. O objetivo do ZarcPro-Milho é integrar níveis de produtividade esperada ao zoneamento climático, oferecendo maior precisão para produtores, seguradoras e instituições de crédito na tomada de decisões.

A metodologia adotada baseia-se na modelagem do crescimento, desenvolvimento e produtividade do milho, considerando as interações entre fatores edafoclimáticos e práticas de manejo. Para a análise, foram simulados 648 cenários a fim de avaliar os riscos de produtividade associados a três níveis de probabilidade: 20%, 30% e 40% (Amaral *et al.*, 2023).

Os resultados indicam que o ZarcPro-Milho é uma ferramenta eficaz na identificação de janelas de semeadura que maximizam a produtividade e reduzem os riscos climáticos. Essa abordagem possibilita aos produtores ajustarem suas práticas de manejo agrícola com maior precisão, levando em consideração as condições específicas de cada localidade e, assim, aprimorando a resiliência da produção diante

das variações climáticas (Amaral *et al.*, 2023).

No estudo de Torres *et al.* (2024), foi analisada a distribuição espacial do risco de seguros agrícolas no período de 2006 a 2021, na região Sul, para o PSR. Entre os indicadores, o índice de sinistralidade, composto pela proporção entre as indenizações pagas e os prêmios arrecadados, foi utilizado visando mensurar a sustentabilidade financeira do Programa.

Dentre as culturas de soja, arroz, milho, uva, maçã e pêssego, o milho foi a que apresentou maior índice de sinistralidade (0,838), indicado alto nível de risco para as seguradoras. Uma das conclusões obtida pelos autores é que para algumas culturas, o valor arrecadado com prêmios não foi suficiente para cobrir as indenizações, evidenciando a vulnerabilidade do sistema diante de eventos climáticos adversos (Torres *et al.*, 2024)

Luiz e Silva (2024) investigaram os impactos do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) na produtividade da cultura de soja em Planaltina -DF, utilizando o modelo STICS e dados climáticos coletados ao longo de 47 anos, de 1974 a 2021. Para tanto, foi utilizado o Índice Oceânico Niño – ION, baseado nas anomalias de temperatura da superfície do mar, amplamente utilizado para a classificação de eventos ‘quentes’ e ‘frios’ do ENSO. Os dados são oriundos da Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (*National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA*), juntamente com o Departamento de Comércio dos Estados Unidos, a qual mantém o Centro de Previsão Climática (*Climate Prediction Center*). Para os valores ION que ultrapassam os limiares de + 0,5° C, é considerada a presença de calor, ou seja, *El Niño*. Em contrapartida, os valores de - 0,5° C, indicativos de frio, é associado à ocorrência de *La Niña*. Os resultados apontaram que em anos de *La Niña* ocorre o favorecimento maior da produtividade nas semeaduras de setembro e outubro, enquanto anos de *El Niño* resultam nos menores rendimentos nesses meses.

Pozzo *et al.* (2024) abordaram os fatores que afetam a lucratividade das seguradoras agrícolas no Paraná usando regressão de dados em painel, para o ano de 2007 a 2021, no cultivo de soja. Foram analisados variáveis como taxa de prêmio, área segurada, produtividade estimada, e presença de fenômenos climáticos (El Niño, La Niña). Os maiores prejuízos foram constatados nos anos com presença de secas, principalmente associados ao fenômeno La Niña. Pode ser entendido que os fatores

que levam as seguradoras a terem perdas se assemelham aos que declinam a sustentabilidade financeira do Proagro, assim como os fatores que trazem lucro às seguradoras são os que alavancam a saúde do Programa.

O estudo de Oñate-Paredes e Ozaki (2025) avaliou o impacto do programa Proagro Mais no crédito obtido por pequenos produtores de milho no estado do Paraná, utilizando uma base de dados abrangente com informações de 93.303 agricultores entre 2003 e 2005. O objetivo do estudo foi determinar se o programa influenciou positivamente o valor de crédito por hectare disponível aos beneficiários, comparando-os a agricultores que não aderiram ao programa. A metodologia adotada combinou o Pareamento por Escore de Propensão (PSM) e o método de Diferenças-em-Diferenças (DiD), permitindo isolar o impacto do programa ao controlar variáveis como: características dos agricultores, rendimento esperado, condições climáticas e geográficas. Os resultados mostraram que os beneficiários do Proagro Mais, em média, obtiveram cerca de R\$2,50 a menos de crédito por hectare em comparação aos não beneficiários, apresentando impacto limitado na ampliação do crédito rural para pequenos agricultores.

Wu, Goodwin e Coble (2019) analisaram o dispositivo *Prevented Planting* (PP), uma modalidade de cobertura do seguro agrícola norte-americano que permite o produtor receber uma indenização caso alegue não ter conseguido iniciar o plantio devido a condições climáticas adversas. A partir de dados econômicos e climáticos de diversas regiões produtoras dos Estados Unidos, os autores identificaram que o acionamento da cobertura está fortemente relacionado às condições de mercado, com destaque nos casos em que ocorre a queda dos e preços das commodities ou os custos de produção aumentam. Indicando, em muitos casos, que o produtor deixa de plantar para receber a indenização, por ser mais vantajoso do que o risco de cultivar.

Os autores estimaram que uma queda de apenas 1% no preço do milho pode gerar mais de 12 milhões de dólares em pedidos de indenização. Um aumento de 1% no custo dos insumos resultaria em um acréscimo de mais de 50 milhões de dólares nos gastos com indenizações. Para a soja, os impactos também são significativos: a mesma variação de preço resulta em US\$7,7 milhões adicionais em indenizações, e o aumento no custo dos insumos gera um acréscimo de US\$28,6 milhões. Já no caso do trigo, os efeitos são mais moderados, mas ainda relevantes, com US\$1,1 milhão e

US\$5,1 milhões de aumento nas indenizações, respectivamente, para as mesmas variações de preço e custo (Wu; Goodwin; Coble, 2019).

O Quadro 1 sintetiza as variáveis que foram encontradas em cada um dos trabalhos aplicados para estudar o Proagro ou seguro agrícola. Os estudos revisados que são destacados representam resultados significativos na temática e na sua maioria mais atuais, em função da temática em estudo. Em resumo, o interesse de pesquisa dos estudos destacados são: os impactos das mudanças climáticas na produtividade agrícola; a análise do impacto dos eventos climáticos extremos na produtividade dos agricultores; e a relação entre variáveis climáticas e econômicas na sustentabilidade dos seguros.

Quadro 1: Resumo de variáveis utilizadas em estudo aplicados de Proagro e seguros

Variável	Estudo
Temperatura média	Oñate-Paredes e Ozaki (2025) Pozzo <i>et al.</i> (2024) Siqueira <i>et al.</i> (1994)
Precipitação média	Oñate-Paredes e Ozaki (2025) Siqueira <i>et al.</i> (1994)
Produtividade	Pozzo <i>et al.</i> (2024); Oñate-Paredes e Ozaki (2025) Ozaki e Dias (2009) Carvalho <i>et al.</i> (2020) Amaral <i>et al.</i> (2023) Tabosa e Vieira Filho (2021a) Tabosa e Vieira Filho (2021b)
Preço da cultura	Pozzo <i>et al.</i> (2024); Wu; Goodwin; Coble (*2019)
El niño e La Niña	Pozzo <i>et al.</i> (2024); Luiz e Silva (2024)
Valor indenizado	Carvalho <i>et al.</i> (2020) Torres <i>et al.</i> (2024)
Valor assegurado	Tabosa e Vieira Filho (2021a) Tabosa e Vieira Filho (2021b)

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4 METODOLOGIA

O capítulo que segue apresenta a metodologia adotada neste trabalho. Trata-se de uma abordagem quantitativa, baseada na utilização de dados em painel, estimando os impactos sobre a variável Valor de Acionamento, para as culturas de milho, soja e trigo nos estados da região Sul do Brasil. A análise levou em conta variáveis relacionadas ao risco financeiro e climático.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à Região Sul do Brasil, formada pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, representando cerca de 7% do território nacional (Figura 8). De acordo com Censo Demográfico do IBGE de 2022, o estado do Paraná é o mais populoso da região e o quinto do país, com 11.444.380 habitantes. Em seguida, está o Rio Grande do Sul, na sexta posição nacional, com uma população de 10.882.965 pessoas. Santa Catarina, embora seja o menos populoso entre os três, ocupa a décima colocação no ranking nacional, com 7.610.361 habitantes (IBGE, 2024).

Figura 3: Mapa do Brasil, com destaque para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul



Fonte: elaborada pela autora (2025).

A população rural do Sul ultrapassa os quatro milhões de habitantes, sendo 1.531.834 no Paraná, 1.000.523 em Santa Catarina e 1.593.638 no Rio Grande do Sul. A região responde por cerca de 20% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, com forte participação do setor agropecuário na economia local. Essa contribuição é mensurada por meio do Valor Adicionado Bruto (VAB), indicador que expressa a geração de riqueza pelas atividades produtivas. No setor agropecuário, o VAB representa aproximadamente 10% nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul, e cerca de 6,1% em Santa Catarina (IBGE, 2024).

Os três estados apresentam uma variabilidade pluviométrica considerável, com médias anuais de precipitação que variam entre 1.250 mm e 2.000 mm. A distribuição das chuvas ao longo do ano é variável, embora contribua, juntamente com o regime térmico, para certa uniformidade climática na região (Quadro *et al.*, 1996; De Oliveira Sanches; Verdum; Fisch, 2014).

A região está localizada ao sul do Trópico de Capricórnio, em zona de clima temperado, influenciada por sistemas de circulação atmosférica que contribuem diretamente para esse padrão. O sistema de circulação perturbada proveniente do Sul é o principal responsável pelas chuvas durante o verão, enquanto o sistema de Oeste provoca precipitações intensas, frequentemente acompanhadas por granizo e ventos com rajadas que podem atingir entre 60 e 90 km/h (Nery, 2005). De acordo com a classificação climática de Köppen, predominam na Região Sul os climas subtropical úmido (Cfa) e temperado quente úmido (Cfb) (Alvares *et al.*, 2014).

4.2 MÉTODO E FORMALIZAÇÃO DO MODELO

Com o objetivo de analisar simultaneamente a evolução temporal do Proagro e investigar o impacto de diferentes variáveis nos três estados, foi escolhida a metodologia de dados em painel. Diante das diferentes variáveis utilizadas, o modelo leva em consideração suas características idiossincráticas, obtendo, desta forma, ganhos de grau de liberdade e permitindo maior flexibilidade no tratamento da heterogeneidade dos dados (Greene, 2008, p.181-182). De forma geral, o modelo é definido pela equação (3) (Greene, 2008; Baltagi, 2005).

$$y_{it} = x'_{it}\beta + W'i\alpha + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$= x'_{it}\beta + c_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

sendo: i o indicador de indivíduos ($i = 1, 2, \dots, n$), t de tempo ($t = 1, 2, \dots, T$), x'_{it} é um vetor linha dos regressores sem intercepto, o $W'i$ capta a heterogeneidade inclusive o intercepto; c_i capta a heterogeneidade; ε_{it} é o resíduo.

Conforme Greene (2008), a análise dos dados em painel pode ser realizada por quatro metodologias diferentes: *pooled*, efeitos fixos (EF), efeitos aleatórios (EA) e parâmetros aleatórios (PA). No modelo *pooled*, todos os dados são tratados como homogêneos, ou seja, as diferenças (heterogeneidade) entre os indivíduos (estados) não diferem estatisticamente entre si. Diante dessa característica, a estimativa é feita por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). O modelo *pooled* baseia-se em três pressupostos: ausência de autocorrelação, ausência de correlação contemporânea e

omoscedasticidade (Greene, 2008). EF permite verificar a heterogeneidade entre os indivíduos em análise, neste estudo são os estados, os quais são apresentados por interceptos específicos, um para cada estado. Em suma, o modelo admite que cada estado possui característica própria, que não variam ao longo do tempo, mas que pode influenciar a variável dependente. A estimativa é realizada por MQO com *dummies*, pressupondo que haja correlação das variáveis com as *dummies* (Greene, 2008).

O terceiro modelo, EA, assume que as diferenças não observáveis entre os estados, representadas pelo termo μ_i , não estão correlacionadas com as variáveis independentes (regressores). Ademais, Baltagi (2005) destaca que a utilização desse modelo é mais adequada nos casos em que os indivíduos ou grupos representam uma amostra aleatória e maior.

Por último, o modelo de PA é comumente utilizado quando é obtida uma amostra aleatória de uma população muito grande. Diferentemente dos modelos de EF e EA, o de parâmetros aleatórios admite que cada indivíduo possua um coeficiente de inclinação diferente.

Para uma adequada determinação sobre qual modelo melhor se ajusta à regressão, são realizados testes preliminares. Segundo Greene (2008), o teste de Chow deve ser empregado para a escolha entre o modelo *pooled* ou EF. Nesse teste, são empregadas duas hipóteses: a hipótese nula, que assume a inexistência de heterogeneidade, e a hipótese aleatória, que assume a presença de heterogeneidade. No caso de aceite da hipótese nula, deve ser utilizada a modelagem *pooled*. Caso contrário, o modelo deverá ser o de efeitos fixos (EF).

Para a análise entre *pooled* e EA, utiliza-se o teste de Breusch-Pagan. A hipótese nula determina que não há variação significativa para os efeitos não observáveis entre os indivíduos. Por outro lado, a hipótese aleatória admite que há variação significativa. Sendo assim, caso a hipótese nula seja aceita, o modelo *pooled* é a melhor escolha.

Na análise entre o modelo EA e EF, os testes de Hausman, Mundlak ou Suest (*Seemingly Unrelated Estimation*) devem ser utilizados. O teste de Hausman somente deverá ser empregado se não tiver ocorrido a violação da hipótese de homocedasticidade, ausências de autocorrelação e correlação contemporânea.

Nos casos em que os pré-requisitos não são cumpridos, o teste de Mundlak deverá ser aplicado (Grenne, 2008, p. 209-210). A hipótese nula, para os dois testes, estabelece que o modelo EA é adequado. No caso de rejeição da hipótese nula, admite-se a hipótese aleatória de que o modelo de efeitos fixos é o mais adequado. O teste de Suest é alternativo em caso de incapacidade dos outros dois.

Além das verificações mencionadas, recomenda-se a realização de testes adicionais para diagnosticar a presença de heterocedasticidade, autocorrelação e correlação contemporânea. No caso da modelagem de Efeitos Fixos (EF), o teste de Wald é uma ferramenta eficaz para identificar heterocedasticidade. A não rejeição da hipótese nula indica a presença de homocedasticidade. Já o teste de White, que possui a mesma hipótese nula do teste de Wald, é mais adequado para a modelagem pooled (Greene, 2008).

O teste de Wooldridge, frequentemente utilizado nos modelos de EF e EA, verifica a presença de autocorrelação nos resíduos do modelo. A não rejeição da hipótese nula estabelece que os resíduos não são autocorrelacionados, ou seja, modelo adequado.

Por outro lado, o teste de Pesaran, incluindo suas variantes CD e LM, são utilizados para atestar a independência dos *cross-sections*, ou seja, atestar se os erros dos indivíduos estão correlacionados no mesmo período de tempo. Para esse teste, a hipótese nula determina a não correlação contemporânea, enquanto para a alternativa, há dependência.

Os painéis podem ser classificados em curtos ou longos, levando em consideração o período de tempo que são observados em relação a quantidade de indivíduos. Sendo assim, painéis curtos podem ser definidos como uma seção transversal longa de indivíduos observados por alguns períodos de tempo, enquanto os painéis longos são definidos por uma pequena seção transversal de indivíduos observados por um grande período de tempo (Cameron; Trivedi, 2010, p. 697). Segundo Baltagi (2005) e Greene (2008), os painéis longos devem ter uma modelagem adequada, visando analisar, separadamente, cada grupo de indivíduos.

Para identificar a ordem de integração do painel, ou seja, se o painel de dados é estacionário ou não, deverá ser utilizado o teste de Fisher. Para os casos de séries estacionárias, as médias e variâncias são constantes ao longo do tempo. Quando o

comportamento apresentado é aleatório, se trata de uma série com raiz unitária, o que torna a previsão menos confiável. Apesar do teste proposto por Maddala e Wu (1999) possuir como vantagem a inexigência de um painel balanceado, sua utilização é mais indicada para painéis longos. O teste apresenta como hipótese nula que todas as séries possuem raiz unitária (não estacionárias) e como hipótese alternativa, de que pelo menos uma série no painel é estacionária.

O Quadro 2 apresenta um resumo dos testes a serem aplicados para garantir a melhor adequação dos modelos, bem como suas finalidades e hipóteses a serem analisadas.

Quadro 2: Procedimentos para modelos de dados em painel

Teste	Descrição	Hipóteses
Chow	<i>Pooled</i> x EF	H ₀ : Modelagem <i>Pooled</i> H ₁ : Modelagem de EF
Hausman	EA x EF	H ₀ : Modelagem EA H ₁ : Modelagem EF
Mundlak ou Suest	EA x EF	H ₀ : Modelagem EA H ₁ : Modelagem EF
Breusch and Pagan	<i>Pooled</i> x EA	H ₀ : Modelagem <i>Pooled</i> H ₁ : Modelagem EA
Wald	Identificar heterocedastidade em EF	H ₀ : Homocedasticidade H ₁ : Heterocedasticidade
White	Identificar heterocedastidade em <i>Pooled</i>	H ₀ : Homocedasticidade H ₁ : Heterocedasticidade
Wooldridge	Autocorrelação	H ₀ : Não Autocorrelação H ₁ : Autocorrelação
Pesaran CD e LM	Correlação contemporânea	H ₀ : Independência dos <i>Cross-Section</i> H ₁ : Correlação Contemporânea
Fisher	Identificar a ordem de integração do painel	H ₀ : Não estacionária H ₁ : Estacionária
Pedroni	Existe relação de equilíbrio de longo prazo	H ₀ : Sem Cointegração H ₁ : Cointegração

Fonte: elaborado pela autora (2025).

As Equações 5, 6 e 7 descrevem os modelos que foram estimados para cada uma das culturas milho, soja e trigo respectivamente, conforme a descrição que seguem.

$$\ln v_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln PM_{it} + \beta_2 \ln PMM_{it} + \beta_3 \ln \text{inino}_{it} + \beta_4 \ln \text{anina}_{it} + \beta_5 Pms_{it} + \beta_6 Tm_{it} + u_{it} \quad (5)$$

$$\lnvas_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \lnPS_{it} + \beta_2 \lnPMS_{it} + \beta_3 \text{elnino}_{it} + \beta_4 \text{lanina}_{it} + \beta_5 Pms_{it} + \beta_6 Tm_{it} + u_{it} \quad (6)$$

$$\lnvat_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \lnPT_{it} + \beta_2 \lnPMT_{it} + \beta_3 \text{elnino}_{it} + \beta_4 \text{lanina}_{it} + \beta_5 Pms_{it} + \beta_6 Tm_{it} + u_{it} \quad (7)$$

Em que, as variáveis foram observadas em períodos mensais para os três estados em análise, e foram logaritmizadas: \lnvam_{it} é o valor de acionamento do milho, \lnPM_{it} é o preço do milho, \lnPMM_{it} é a produtividade média do milho, elnino_{it} dummy da presença de El Niño; lanina_{it} dummy de quando acontece La Niña; \lnvas_{it} é o valor de acionamento da soja, \lnPS_{it} é o preço do soja, \lnPMS_{it} é a produtividade média da soja; \lnvat_{it} é o valor de acionamento do trigo, \lnPT_{it} é o preço do trigo, \lnPMT_{it} é a produtividade média do trigo.

4.3 FONTE E BASE DE DADOS

Os dados analisados por este estudo se iniciam em julho de 2013 até junho de 2023. A Circular nº 3.620, de 21 de dezembro de 2012, emitida pelo Bacen, estabeleceu que todas as operações de crédito rural devem ser cadastradas no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (SICOR), a partir de 1º de janeiro de 2013, diante da necessidade de modernização do registro e controle das operações de crédito rural bem como os enquadramentos de empreendimentos no Proagro.

Esse sistema veio como ferramenta de substituição do antigo Registro Comum de Operações Rurais (Recor), objetivando efetuar o levantamento estatístico do crédito rural, evitar a concessão de créditos com a mesma finalidade para o mesmo beneficiário, possibilitar melhor acompanhamento das operações do crédito rural e operações enquadradas no Proagro; incorporar informações e dados necessários ao acompanhamento da política do crédito rural brasileira, agrupar informações e dados essenciais e propiciar aos órgãos responsáveis o acesso a relatórios, conforme estabelecido no o Decreto nº 58.380, de 10 de maio de 1966 (Bacen, 2015a).

Diante da implementação do novo sistema, a pesquisa inicia com o ano de 2013. Destaca-se que, para os anos de 2013/2014, 2014/2015, não há registros

relacionados à área, esse fato se dá pela parceria entre o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) ter sido realizada em 2015, onde houve melhorias significativas no Sistema (Rodrigues *et al.*, 2023).

O levantamento realizado neste estudo evidencia a relevância dos estados da região Sul do Brasil na adesão e no acionamento do Proagro, corroborando os resultados encontrados por Oñate-Paredes e Ozaki (2025). Da mesma forma, políticas como o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) também apresentam uma concentração significativa nesses três estados (Tabosa; Vieira Filho, 2021).

Diante da relevância dos dados observados, os estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina foram selecionados como recorte geográfico para a análise das variáveis determinantes dos acionamentos do Proagro. Essa escolha se justifica pela significativa concentração de adesões e acionamentos do programa na região Sul, refletindo a vulnerabilidade dos produtores locais a eventos climáticos adversos, como secas, geadas e chuvas excessivas.

A escolha dos dados referentes à Temperatura média e Precipitação média levou em conta a média das estações meteorológicas mais próximas dos três municípios, de cada um dos estados, que mais tiverem o maior número de acionamentos de Proagro, sendo: Verê, Dois Vizinhos e São Jorge D'oeste representado o estado do Paraná; Chapada, Liberato Salzano e Ijuí para o estado do Rio Grande do Sul; e Imbuia, Ituporanga e Alfredo Wagner referentes ao estado de Santa Catarina. Foram utilizados os dados do Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária (SISDAGRO), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O Quadro 3 apresenta os municípios com maior número de acionamento, bem como as estações escolhidas e suas respectivas geolocalizações.

Quadro 3: Municípios com maior número de acionamento, as estações selecionadas e suas respectivas geolocalizações, para os estados de SC, PR e RS

Estado	Município	Estações	Geolocalização (latitude; longitude)
Paraná	Verê Dois Vizinhos São Jorge D'Oeste	Dois Vizinhos	- 25,6991; -53,0952
		Planalto	-25,7219; -53,7480
		Clevelândia	-26,4172; -52,3486
Rio Grande do Sul	Chapada Liberato Salzano Ijuí	Palmeira das Missões	-27,9202; -53,3180
		Passo Fundo	-28,2266; -52,4036
		Cruz Alta	-28,6034; -53,6735
Santa Catarina	Imbuia Ituporanga Alfredo Wagner	Ituporanga	-27,4183; -49,6469
		Indaial	-26,9136; -49,2680
		Lages	-27,8022; -50,3355

Fonte: elaborado pela autora a partir de dados do INMET (2025).

Os dados do Quadro 4 a seguir são um resumo das variáveis utilizadas neste estudo, cujas principais fontes foram SISDAGRO (SISDAGRO, 2025), a Matriz de dados do Proagro (Bacen, 2024) Portal de Informações Agropecuárias (CONAB, 2025), o Centro de Previsão Climática e o levantamento de Produção Agrícola Municipal (PAM/IBGE) (IBGE, 2024) e dados de episódios de anomalia ou desvio de temperatura da superfície do mar (TSM) em relação à média, medida através de boias espalhadas no oceano, mensurados pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) (NOAA, 2025).

Quadro 4: Variáveis utilizadas

Variável	Sigla	Unidade	Descrição	Fonte
Temperatura média mensal	Tm	Graus Celsius (°C)	Valor calculado a partir da média das temperaturas registradas ao longo dos meses de cada mês do ano safra da Amostra	SISDAGRO (2025)
Precipitação média mensal	Pms	Milímetros (mm)	Valor calculado a partir da média das precipitações registradas ao longo dos meses de cada mês do ano safra da Amostra, depois foi feita a soma do acumulado do mês	SISDAGRO (2025)
Produtividade Média para cada cultura	PMM PMS PMT	Quilogramas por hectare (Kg/ha)	Quantidade produzida por hectare	IBGE (2024)
Preço para cada cultura	PM PS PT	Real (R\$)	Valor pago ao produtor para 60kg do produto ¹ (soja, milho e trigo)	CONAB (2025)
El Niño	El Niño	Dummy	Variável <i>Dummy</i> para a presença de El Niño para os anos safra da amostra	NOAA (2025)

La Niña	La Niña	Dummy	Variável <i>Dummy</i> para a presença de La Niña para os anos safra da Amostra	NOAA (2025)
Valor de acionamento para cada cultura	VAM VAS VAT	Real (R\$)	Valor financiado pelo agricultor que teve pedido de cobertura no âmbito do Proagro	BACEN (2024)

¹ Para a cultura do trigo, o preço médio utilizado foi a média entre o preço do trigo grão, trigo pH 75 e pH78. As culturas são: soja, milho e trigo.

Fonte: elaborado pela autora (2025).

A variável dependente “y” escolhida foi o valor de acionamento, ou seja, o montante enquadrado que teve a solicitação do pedido de cobertura do Proagro. A escolha foi embasada na realidade do Proagro, onde nem todo o valor que é acionado é efetivamente indenizado. A ausência de comprovação de aquisição de insumos, valor obtido na comercialização do produto e área não comprovada como efetivamente cultivada, são deduzidos do valor a ser pago para os produtores após o acionamento. Sendo assim, o valor de acionamento foi obtido dos dados da Matriz do Proagro (Bacen, 2024) e utilizado por este estudo.

5 RESULTADOS

5.1 RISCOS CLIMÁTICOS E SUSTENTABILIDADE FINANCEIRA DO PROAGRO

A Tabela 3 apresenta dados do IBGE (2024) da série histórica de área plantada, produção e produtividade, ao longo de dez safras, abrangendo o Brasil e, em especial, a região Sul, foco deste estudo. Os anos safra de 2019/2020, 2021/2022 e 2022/2023 foram os únicos em que a produtividade do Sul ficou menor do que a produtividade do Brasil (Bacen, 2024).

Em média, a produção dos estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul, para as três culturas analisadas, representam 31,6% da produção do Brasil. A baixa produção mensurada no ano safra de 2015/2016 decorreu da presença do fenômeno El Niño, o mais severo da história, afetando as principais regiões produtoras de grãos. As consequências do fenômeno El Niño são: secas nas regiões Norte, Nordeste e excesso de chuva e enchentes no Sul do Brasil (Marengo, 2007). Diferentemente do El Niño, o fenômeno La Niña ocasiona restrições na quantidade de chuvas e temperaturas mais baixas devido a geadas tardias (Torres *et al.*, 2024).

Tabela 3: Área plantada, produção e produtividade para o Brasil e região Sul, para cada ano safra, para as culturas

Ano*	Área plantada Brasil (mil ha)	Área plantada Sul (mil ha)	Produtividade e Brasil (Kg/ha)	Produtividade e Sul (Kg/ha)	Produção Brasil (mil t)	Produção Sul (mil t)
2013/2014	57.060,0	19.485,3	3.394	3.635	193.673,8	70.838,2
2014/2015	57.914,7	19.341,3	3.602	3.957	208.635,8	76.526,6
2015/2016	58.336,0	19.499,3	3.203	3.852	186.872,6	75.111,0
2016/2017	60.889,3	19.652,4	3.919	4.264	238.622,7	83.788,6
2017/2018	61.721,8	19.456,0	3.753	3.943	231.656,1	76.706,3
2018/2019	63.262,2	19.613,1	3.902	4.055	246.833,8	79.527,8
2019/2020	66.204,8	20.108,1	3.899	3.666	258.055,3	76.050,8
2020/2021	70.349,0	21.163,0	3.682	3.690	257.533,0	78.091,9
2021/2022	74.874,7	22.271,4	3.654	2.978	273.570,9	66.329,1
2022/2023	78.850,5	22.427,5	4.070	3.597	320.915,6	80.663,9
Total	649.463,0	203.017,4	37.078	37.637	2.416.370	763.634

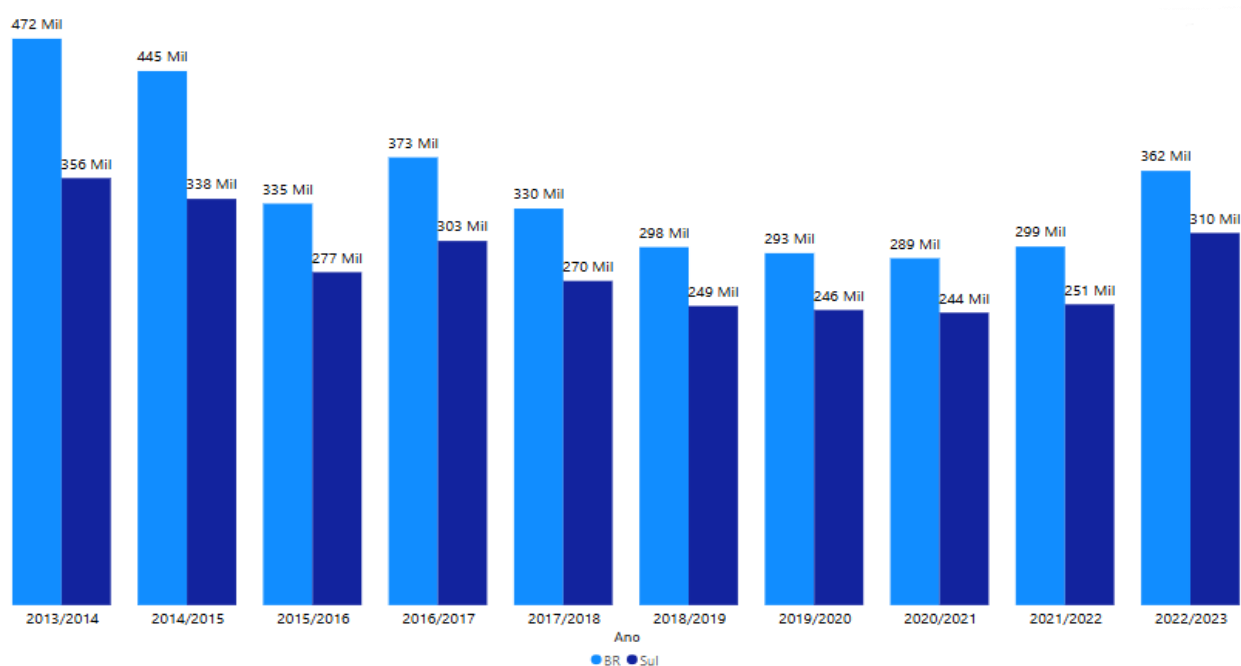
de milho, soja e trigo

*Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024).

Os três estados do Sul no Brasil são os detentores do maior número de adesões ao Programa, conforme Figura 3. Ao longo dos anos safra de 2016/2017 a 2022/2023, 2013/2014, os três estados aqui estudados representam mais de 80% das adesões. Para a safra de 2013/2014 e 2014/2015 foram os que tiveram menor representatividade, alcançando um pouco mais de 75%. Para os anos anteriores, 2011 a 2014, a participação média do estado era de 74,7% das adesões totais no território brasileiro (Bacen, 2015b).

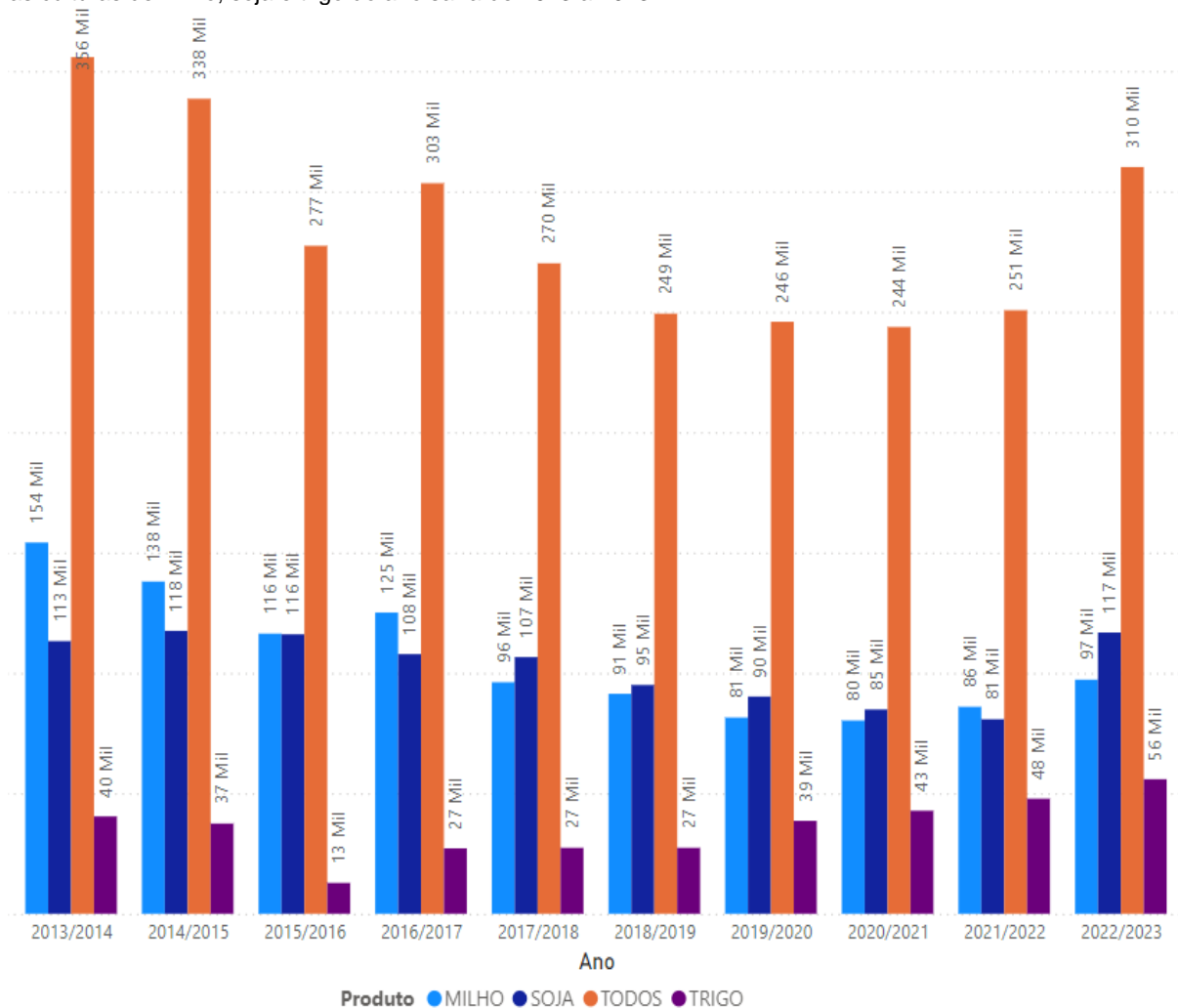
Figura 4: Quantidade de operações com adesão ao Proagro no Brasil e nos estados de SC, PR e RS, para todas as culturas



Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte
 Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024).

A Figura 4 ilustra a importância das culturas de milho, soja e trigo para os três estados do Sul do Brasil. Do total de 127 bilhões de adesões registradas entre 2013 e 2023, 107 bilhões correspondem a essas três culturas. O que se percebe é a significativa participação das três culturas de milho, soja e trigo do total das culturas com uma oscilação ao longo do período estudado.

Figura 5: Quantidade total de adesão em SC, PR e RS para todas as culturas, em comparação com a adesão para as culturas de milho, soja e trigo do ano safra de 2013 a 2023



*Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte
 Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024).

Garrido e Zilberman (2007) destacam que os agricultores que já receberam alguma cobertura tendem a continuar adquirindo novamente o seguro. Entre o ano safra de 2013/2014 até o final do ano safra 2022/2023, o número de adesões para ambos os programas (Mais e Tradicional) passou de um valor de mais de 307 mil contratos para mais de 2 milhões de contatos, conforme ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4: Quantidade de contratos de operações com adesão ao Proagro, nos estados de SC, PR e RS, para as culturas de milho, soja e trigo

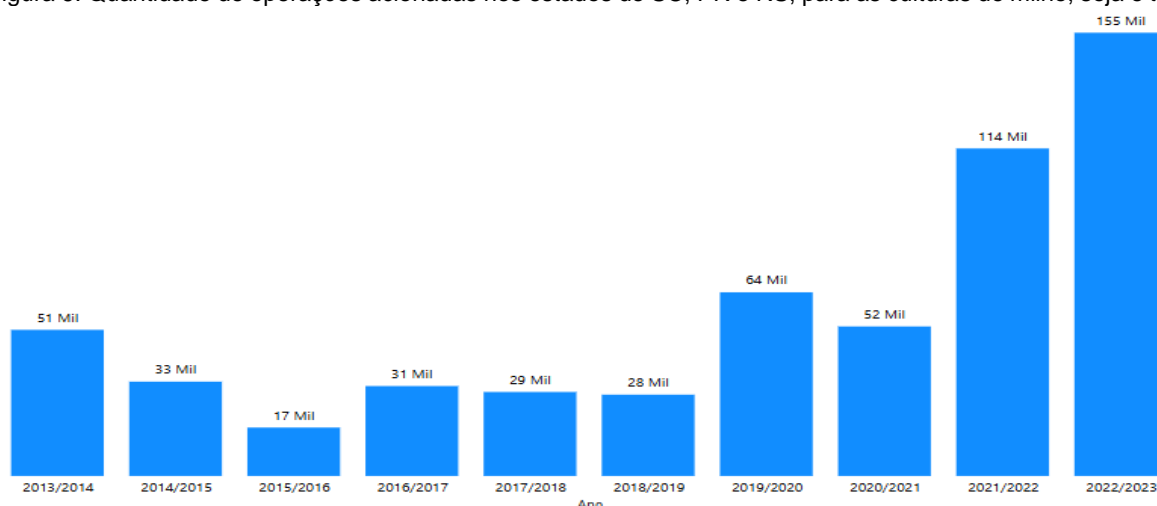
Ano*	Proagro Mais (mil)	Proagro Tradicional (mil)	Total (mil)
2013/2014	278.938	28.912	307.850
2014/2015	263.786	29.150	292.936
2015/2016	223.265	21.975	245.240
2016/2017	236.203	23.920	260.123
2017/2018	208.424	21.700	23.0124
2018/2019	191.162	22.622	213.784
2019/2020	186.461	23.883	210.344
2020/2021	185.026	22.899	207.925
2021/2022	186.835	27.689	214.524
2022/2023	229.822	40.074	269.896
Total	2.189.922	262.824	2.452.746

*Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte.

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024)

Em relação à quantidade de acionamentos, ou seja, operações com adesão ao Proagro que tiveram perda de produtividade por evento adverso, a menor taxa é vista no ano safra 2015/2016, conforme retratado na Figura 5. Os maiores valores de acionamento, 114 milhões e 155 milhões, são vistos no ano safra 2021/2022 e 2022/2023, respectivamente. Nesses anos, se destaca como o evento com maior índice de acionamento os relacionados à chuva excessiva (Bacen, 2024).

Figura 6: Quantidade de operações acionadas nos estados de SC, PR e RS, para as culturas de milho, soja e trigo



*Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte.

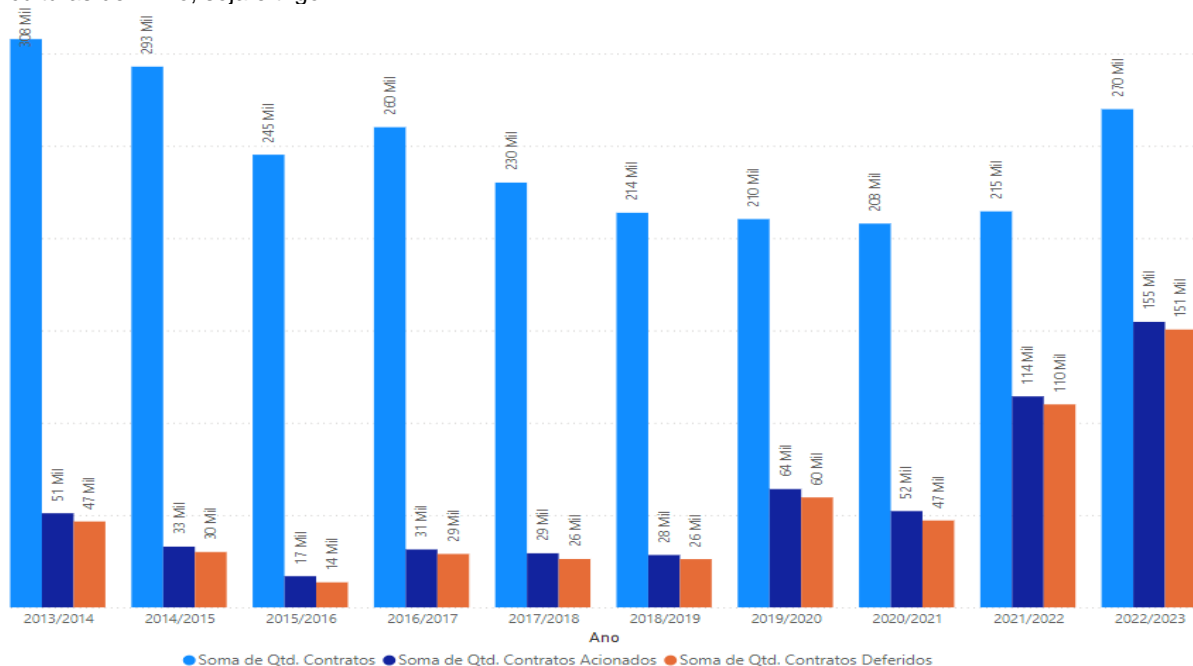
Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024).

No tocante à quantidade de contratos com adesão, ou seja, operações de custeio agrícola que tiveram a contratação do Proagro, de acionamento e deferimento de pedido de cobertura (pedido de cobertura analisado e com liberação de cobertura

financeiras das perdas por parte da instituição financeira), ao longo do período analisado, saiu de 308 mil adesões, com 51 mil acionamentos e 47 mil deferimentos, para 270 mil adesões, com 155 mil acionamentos e 151 mil deferimentos (Figura 6) (Bacen, 2024).

Comparando o primeiro ano safra estudado com o de 2022/2023, há uma queda de 12,33% na adesão, aumento de mais de 200% no quantitativo de contratos acionados e mais de 220% nos pedidos deferidos. Para os anos anteriores, 2011/2012, 2012/2013 e 2013/2014 a participação do Sul nos acionamentos variou entre 94% a 95% das operações em todo o Brasil (Bacen, 2015b). Ao analisar a produtividade para os estados do Paraná, entre 1990 e 2002, Ozaki (2008) destaca que eventos climáticos adversos, como secas ou geadas, tendem a afetar grandes áreas simultaneamente. Essa afirmação explica a grande quantidade de acionamentos ocorridos nos estados do Sul, diante da sua proximidade geográfica.

Figura 7: Quantidade de operações contratadas, acionadas e deferidas nos estados de SC, PR e RS, para as culturas de milho, soja e trigo



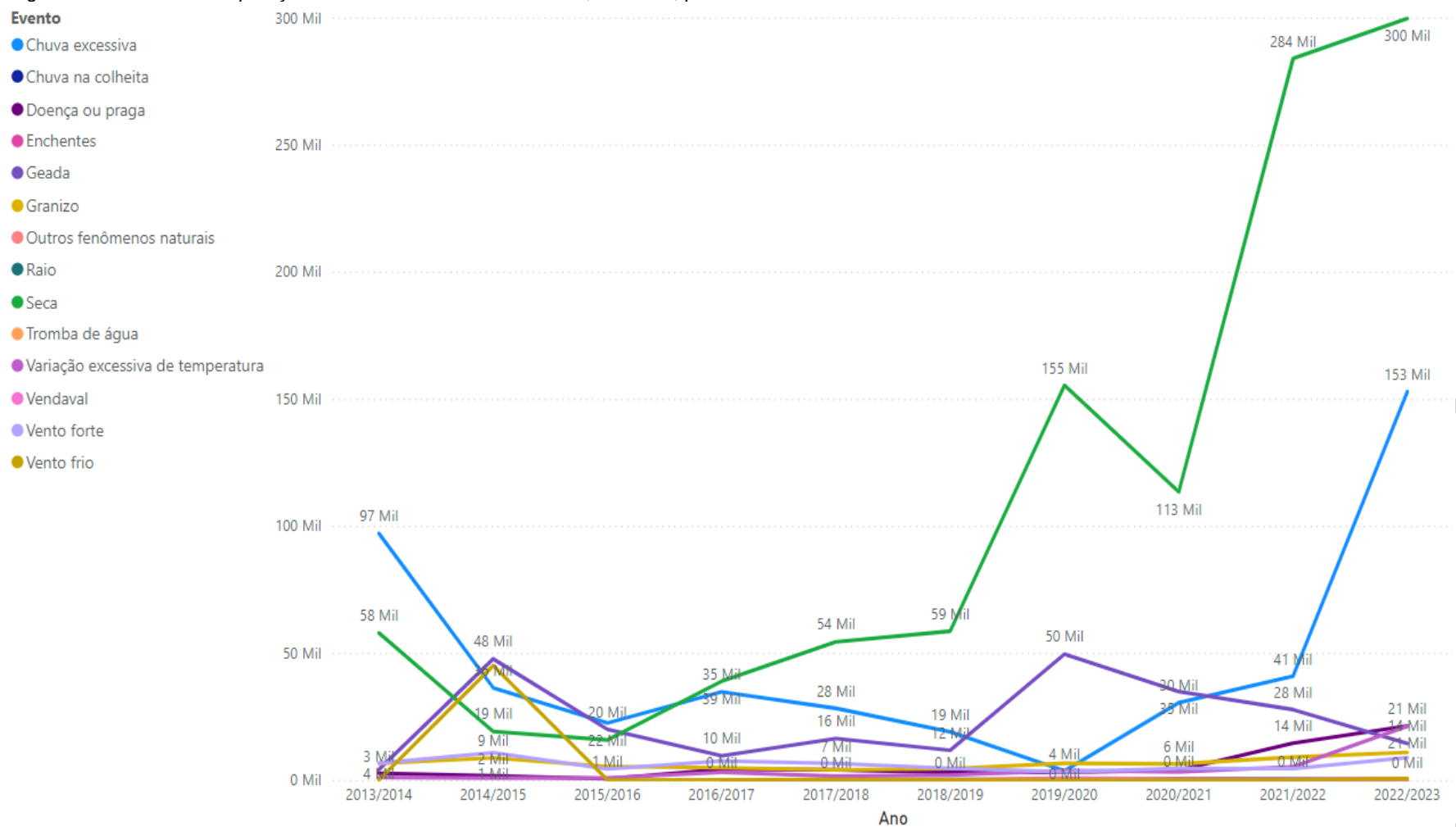
*Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte.

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024).

Analisando os eventos sinistrantes, com base nos dados extraídos do Bacen, ao longo do período analisado, foram constatados acionamentos por: chuva excessiva, chuva na colheita, doença ou praga, enchente, granizo, geada, granizo, outros fenômenos naturais, raio, seca, tromba de água, variação excessiva de

temperatura, vendaval, vento forte e vento frio. Os dados sintetizados na Figura 7, demonstram que o evento seca e a chuva excessiva, para a região do Sul do Brasil, são os principais acarretadores de acionamento do Programa por perdas na lavoura (Bacen, 2024).

Figura 8: Quantidade de operações acionadas nos estados de SC, PR e RS, por evento sinistrante



*Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte.

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024).

Para melhor visualização dos eventos causadores de perdas e suas dimensões na quantidade de acionamentos, a Tabela 5 retrata o tipo de evento e a quantidade de acionamentos atrelados, para o período de julho de 2013 a junho de 2023. Os eventos descritos pelo Bacen como propícios ao acionamento não são taxativos, ou seja, vendaval e ventos fortes são a mesma natureza de evento sinistraste, porém com nomenclaturas diferentes (Bacen, 2024).

Tabela 5: Quantidade de acionamentos, por evento, nos estados de SC, PR e RS, para todas as culturas

Evento¹	Contratos acionados
Seca	1096977
Chuva Excessiva	467241
Geada	282204
Granizo	66753
Vendaval	63479
Doença ou Praga	58707
Variação excessiva de temperatura	42339
Outros fenômenos naturais	244
Raio	28
Total	2.077.972

*Ano safra período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte.

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024).

¹Os eventos classificados como Chuva excessiva, Chuva na colheita, Enchentes e Tromba d'água, retirados da Matriz de dados do Proagro, foram somados e classificados como "Chuva excessiva" neste estudo. Os eventos denominados como Vendaval e Vento forte foram unidos na classe denominada Vendaval. Da mesma forma, os eventos Geada e Vento frio foram unificados e classificados somente como Geada.

Conforme visto, cerca de 300 mil contratos foram acionados por perdas causadas por seca na safra 2022/2023. Esse evento vem se destacando como motivo de prejuízos nas lavouras amparas, somente nos anos safra de 2013/2014 a 2015/2016 que a seca não foi fenômeno com maior número de acionamentos, sendo o destaque desses anos a chuva excessiva (Bacen, 2024).

As perdas mensuradas para o estado do Rio Grande do Sul, cerca de 70% fora oriunda da seca nos anos de 1990/1991, saindo de um rendimento de 2.000 kg/ ha, na safra anterior (1989/1990) para 750 kg/ha. Os dados levantados condizem com os valores encontrados para os anos safras de 2004/2005 até 2013/2014, quando os três estados do Sul ocupavam a primeira posição de adesão ao Proagro, assim como as culturas de soja, milho e trigo (Santos; Martins, 2016).

Com base no *FAO Statistical Yearbook 2024*, o Brasil figura como o terceiro maior produtor de alimentos do mundo, atrás apenas da China e da Índia. O país se destaca na produção de diversas commodities agrícolas e pecuárias, sendo um dos maiores produtores globais de soja, milho, cana-de-açúcar, café e laranja (FAO,

2024). No entanto, enfrenta desafios significativos devido ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos, como secas, chuvas intensas, estiagens prolongadas, geadas e granizo, entre outros (Carvalho *et al.*, 2020).

No estudo de Santos e Martins (2016), é demonstrado que o evento seca foi o evento com o maior índice de acionamento, não mantendo o pódio somente no ano safra de 2010/2011, onde a ocorrência de geadas acarretou grandes perdas em todo o Brasil. As perdas decorrentes da seca nos anos de 2011/2012 e 2013/2014 atingiram o patamar de R\$ 1,1 bilhão, equivalente a 54% do valor total pago de indenização nesse período (Bacen, 2015b).

O Sul do Brasil é uma das regiões mais afetadas por eventos climáticos extremos, que geram impactos significativos na produção agrícola. No ano de 2015 a estiagem ocorrida resultou em uma redução de 28,2% na produção de trigo, no ano anterior a queda estimada devido a ocorrência de granizo foi de 73,7% na produção de trigo (Bacen, 2024).

Para o ano de 2019, os danos causados pela seca acarretaram queda de produção na casa de 1,04 milhão de toneladas de soja, com prejuízos financeiros estimados em 2 bilhões de reais. No mesmo ano, as chuvas excessivas também causaram danos significativos na produção de arroz, milho e soja, resultando em uma perda total de 1,75 milhão de toneladas (Carvalho *et al.*, 2020).

Um contraponto que é retratado pela literatura é a possibilidade do seguro agrícola pode ter implicações ambientais negativas ao influenciar o comportamento dos agricultores, reduzindo o incentivo para práticas de manejo sustentável. Baumgärtner e Quaas (2008) destacam teoricamente que o seguro financeiro pode levar à substituição de estratégias naturais de mitigação de riscos, como o uso da agrobiodiversidade, por soluções de mercado. Por sua vez, Wu (1999) fornece evidências empíricas de que a aquisição de seguro agrícola incentiva mudanças no uso da terra e práticas agrícolas mais intensivas, incluindo maior aplicação de fertilizantes e pesticidas.

A dependência por seguro pode ser um fator incentivador da não adoção de boas práticas, pois os agricultores passam a confiar na cobertura dos prejuízos financeiros feitas pelo seguro, sendo assim, a tendência é ficarem menos propensos à adoção de práticas mitigadoras de danos, como diversificação de culturas, manejo

sustentável ou investimentos em tecnologias como sistemas de irrigação. Sendo assim, o seguro passa a ser uma máscara para os reais efeitos das mudanças climáticas, por minimizar seus impactos econômicos (Dolan *et al.*, 2001). Outro ponto importante é que, nos casos de altos números de acionamentos, as seguradoras correm o risco de não possuir capital suficiente para cobrir as despesas de todos os produtores. Diante desse risco, acabam cobrando prêmios cada vez maiores para viabilizar sua operacionalização.

O fenômeno descrito pelos autores, conhecido como risco moral, ocorre quando a segurança proporcionada pelo seguro estimula decisões que aumentam os impactos ambientais (Baumgärtner; Quaas, 2008). Wu, Goodwin e Coble (2019), em seu estudo, ressaltam que o risco moral no contexto do seguro agrícola se manifesta quando os produtores tomam decisões estratégicas baseadas não nas condições reais do campo, mas na estrutura de proteção oferecida pelo seguro. Esse tipo de comportamento, ao transferir para o programa de seguro riscos decorrentes de decisões intencionais do próprio produtor, compromete a lógica de funcionamento do sistema e gera impactos sobre a sua sustentabilidade de longo prazo.

No ano de 2021, foi emitido o Comunicado nº 37.014 de 13 de abril, que permite a cobertura de perdas decorrentes de doenças sistêmicas cujos agentes causadores são transmitidos pela cigarrinha *Dalbulus maidis*. No estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2023), identifica-se que, no que tange o acionamento por doenças ou pragas, o tamanho da área e dos valores amparados e sinistrados tiveram um crescimento ao longo dos anos, destacando principalmente no ano de 2021. Esse destaque é oriundo dos acionamentos por cigarrinha na cultura do milho. Do ano safra 2013/2014 até 2020/2021, a maior taxa de acionamento por doença ou praga foi no ano safra de 2016/2027 (4,2 mil), porém nos anos de 2021/2022 e 2022/2023 os valores subiram para 14,5 mil e 21,3 mil, respectivamente.

Não há registros de quais são os agentes patogênicos na base de dados do Bacen. O MCR restringe que somente são cobertas doenças ou pragas sem método difundido de combate, controle ou profilaxia, técnica e economicamente exequível. Perdas causadas por cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum f. sp. meridionalis*; *Phomopsis phaseoli f. sp. meridionalis*) e nematóide de cisto (*Heterodera glycines*) na lavoura de soja, implantada com variedades consideradas suscetíveis pela pesquisa

oficial, independentemente do tipo de tecnologia utilizada no empreendimento, não são cobertas (Bacen, 2024). Uma grande lacuna enfrentada para a predição de ocorrência dos sinistros agrícolas é a ausência de metodologias capazes de prever com precisão a ocorrência dos eventos (Mota *et al.*, 2020).

Conforme dados obtidos do Bacen, e expressos na Tabela 6, é possível verificar que o valor amparado pelo programa cresce em uma velocidade muito maior do que o tamanho da área amparada. Para os anos de 2013/2014 e 2014/2015, não há registros de valores para a variável área no banco de dados do Proagro (Bacen, 2024).

Tabela 6: Área amparada, valor amparado e taxa de crescimento nas operações com adesão ao Proagro, nos estados de SC, PR e RS, para todas as culturas

Ano*	Área amparada (hectares)	Valor amparado (R\$)	Taxa de crescimento Área amparada (%)	Taxa de crescimento Valor amparado (%)
2013/2014	ND	1.589.135.646,14	-	-
2014/2015	ND	1.393.877.733,49	-	-12,29
2015/2016	509.188,76	968.350.664,36	-	-30,53
2016/2017	943.435,33	1.639.288.361,80	85%	69,29
2017/2018	940.789,91	1.713.187.718,11	0%	4,51
2018/2019	882.941,85	1.966.493.711,01	-6%	14,79
2019/2020	1.611.354,85	3.966.187.721,57	82%	101,69
2020/2021	1.094.172,07	3.691.065.477,58	-32%	-6,94
2021/2022	1.962.648,53	9.274.231.406,28	79%	151,26
2022/2023	2.782.502,63	15.552.792.229,83	42%	67,70
Total	10.727.033,93	41.754.610.670,17	250%	359%

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados do Bacen (2024).

O Ano safra é o período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte. A taxa de crescimento foi calculada com base na divisão entre a ((safra analisada/safra do ano anterior) -1).

Rodrigues *et al.* (2023) destacam que, devido ao público-alvo do Proagro ser os pequenos e médios produtores, espera-se que haja um crescimento na extensão da área amparada ao longo dos anos. Ainda, os autores acrescentam como hipótese que, diante das burocracias atreladas ao Programa e devido à característica de possuírem um melhor preparo e estarem menos sujeitos a riscos, os médios produtores podem ter realizado a migração para os seguros privados, dessa forma, permaneceram no Proagro apenas os pequenos produtores.

Assim, analisando a hipótese levantada, os dados de adesão demonstram que as adesões na modalidade do Proagro Mais se mantêm instáveis ao longo dos anos analisados, sendo muito próximos nos anos de 2013/2014 a 2022/2023, com um valor médio de 218 milhões de adesões. No período de 2022/2023, cresceu cerca de

22,99% quando comparado ao período anterior. Ao analisar os dados dos contratos aderidos na modalidade de Proagro Tradicional, verifica-se uma média de 29 milhões de contratações. Para 2022/2023, houve um aumento de 42,86%. Esse aumento verificado nas adesões de produtores enquadrados na modalidade Tradicional pode explicar o acréscimo de R\$6.278.560.824,00 no valor amparado em mais de 819 hectares em comparação ao ano de 2022/2023 perante ao de 2021/2022 (Bacen, 2024).

A preocupação sobre o aumento de valor amparado é recorrente e precisa de mais detalhes para ser entendida, isso porque, se há uma perspectiva de aumento cada vez maior do valor amparado, quais as alternativas para o programa se sustentar e com isso não deixar o produtor desamparado? O Bacen utiliza a relação entre os valores indenizados e enquadrados em cada ano safra. Para que o programa mantenha uma sustentabilidade financeira, é realizado o cálculo da alíquota de equilíbrio (*Aliq e*), que pode ser calculada a partir da Equação 1, que é definida pelo Bacen. A alíquota de equilíbrio (*Aliq e*) representa o valor de adicional necessário para que o programa possa cobrir integralmente as despesas resultantes das indenizações, sendo uma ferramenta para identificar se há igualdade entre as receitas e despesas do Programa (Bacen, 2015b).

$$Aliq e = \frac{Despesa}{Risco} \quad (1)$$

Em que: Despesa: refere-se ao valor pago ao beneficiário nos casos de ocorrência de sinistro, de acordo com as normas e limites aplicáveis; e o Risco: refere-se ao valor amparado, ou seja, o montante máximo que o Programa pode pagar ao produtor, podendo chegar a 100% dos custos. Para comparação entre as médias de adicionais cobradas efetivamente, a alíquota média (*Aliq m*) é calculada por meio da Equação 2.

$$Aliq m = \frac{Receita}{Risco} \quad (2)$$

Em que: Receita: refere-se ao valor pago pelo produtor para aderir ao programa, correspondente a um percentual do valor a ser coberto pelo programa e de acordo com a cultura financiada; e o Risco: refere-se ao valor amparado, ou seja, montante máximo que o Programa pode pagar ao produtor, podendo chegar a 100% dos custos.

Na Tabela 7 a seguir, são descritos os valores da *Aliq m* e *Aliq e* para os anos safras entre 2013/2014 e 2022/2023, para cada uma das três culturas estudadas, levando em consideração os valores para os estados do Sul do Brasil. No cálculo foi levado em consideração tanto o Proagro Mais quanto o Tradicional. Não houve distinção entre primeira e segunda safra (Bacen, 2024).

Tabela 7: Valores da *Aliq m* e *Aliq e* para os anos safras entre 2013/2014 e 2022/2023, para os estados do Sul, para as culturas de milho, soja e trigo

Ano*	Cultura	Receita ¹ (R\$)	Risco ² (R\$)	Despesa ³ (R\$)	<i>Aliq m</i>	<i>Aliq e</i>
2013/2014	MILHO	63307537,41	2741793766	122169590,1	2,3	4,5
2014/2015	MILHO	62850155,65	2676538053	89499904,77	2,3	3,3
2015/2016	MILHO	91373180,34	2637761480	221122375,9	3,5	8,4
2016/2017	MILHO	131489843,4	3742725356	199703445,8	3,5	5,3
2017/2018	MILHO	101313541	2366782486	259871218,1	4,3	11
2018/2019	MILHO	118871259,4	2787518382	129551573,9	4,3	4,6
2019/2020	MILHO	104952960,8	2513673781	329131738	4,2	13,1
2020/2021	MILHO	167980633,1	3073831210	1108057087	5,5	36
2021/2022	MILHO	253460126,9	4650114221	1741333586	5,5	37,4
2022/2023	MILHO	455213711,8	6897806776	2714135222	6,6	39,3
2013 a 2023	MILHO	1550812950	34088545512	6914575741	4,5	20,3
2013/2014	SOJA	70003710,21	3007560210	103011078,9	2,3	3,4
2014/2015	SOJA	80016485,91	3470773151	31327550,01	2,3	0,9
2015/2016	SOJA	146497163,6	4488720392	107884294,7	3,3	2,4
2016/2017	SOJA	153441664,7	4898269252	28235840,6	3,1	0,6
2017/2018	SOJA	178407752,4	5140673275	59870558,41	3,5	1,2
2018/2019	SOJA	175036147,9	4998555079	308232684,6	3,5	6,2
2019/2020	SOJA	196529294,8	4894713005	792663526,6	4	16,2
2020/2021	SOJA	213661157,7	5205122858	67598214,48	4,1	1,3
2021/2022	SOJA	252331342	6195639539	3137002551	4,1	50,6
2022/2023	SOJA	741240996,1	12019898676	4087711829	6,2	34
2013 a 2023	SOJA	2207165715	54319925435	8723538128	4,1	16,1
2013/2014	TRIGO	29816041,76	1221417209	605090362,8	2,4	49,5
2014/2015	TRIGO	34304087,99	1354458626	498639958,8	2,5	36,8
2015/2016	TRIGO	19094650,87	542687216,9	39628713,16	3,5	7,3
2016/2017	TRIGO	64145281,64	1006779495	452503061,6	6,4	44,9
2017/2018	TRIGO	68026585,07	1067140092	306048171,2	6,4	28,7

2018/2019	TRIGO	80928372,62	1239122815	346293705,2	6,5	27,9
2019/2020	TRIGO	128806401,7	2225142271	578576883,2	5,8	26
2020/2021	TRIGO	193680848	2538058853	487212359,8	7,6	19,2
2021/2022	TRIGO	284941679,4	3736002343	758360807,1	7,6	20,3
2022/2023	TRIGO	451010082,8	4490211164	3267876226	10	72,8
2013 a 2023	TRIGO	1354754032	19421020085	7340230249	7	37,8
Média					4,6	20,4

*Ano safra: período entre 01/07 de um ano a 30/06 do ano seguinte. Valor de adicional¹. Valor amparado². Valor deferido³.

Fonte: elaborada pela autora a partir de dados da pesquisa (2025).

Ao analisar os valores de *Aliq m*, somente para a cultura de soja, nos anos de 2014/2015 a 2017/2015, seu valor foi superior a *Aliq e*. Para as culturas de milho e trigo, o valor de *Aliq e* foi superior a *Aliq m*. Entretanto, no ano seguinte a alíquota de equilíbrio saltou de 1.3 para 50.6. A cultura de trigo é onde se tem maior discrepância de valores, com destaque para o ano safra de 2022/2023 onde o valor de equilíbrio corresponde a um aumento de 62,8% em relação ao valor médio cobrado. Somente para o ano de 2015/2016 foi que a *Aliq e* foi o mais próximo possível da *Aliq m*, havendo uma diferença de 3.8. No estudo feito por Garrido e Ziberman (2007), foi constatado que os produtores tendem a contratar seguros, mesmo que o valor do prêmio seja alto, para as situações em que a cobertura os ajude nas situações de perdas grandes e incertas (Bacen, 2024).

A cultura da soja apresenta uma sustentabilidade maior, somente nos anos de 2018/2019, 2021/2022 e 2022/2023 que os valores da *Aliq e* eram maiores que os praticados. Nos outros anos, o valor arrecadado com os adicionais cobrados foi suficiente e superior aos gastos com pagamentos de indenizações (Bacen, 2024).

Em todo o período analisado, o valor de *Aliq m* cobrado é de 4.5 para milho, 4.1 para soja e 7 para o trigo. Tratando-se da alíquota de equilíbrio, os valores cobrados deveriam ser 15.7, 12 e 30.8 para o milho, a soja e o trigo, respectivamente (Bacen, 2024).

A análise da capacidade de sustentabilidade financeira do Proagro, tendo como amostragem o Sul do Brasil, revela uma trajetória preocupante. O aumento significativo tanto no número de adesões quanto nos acionamentos e deferimentos indica uma pressão crescente sobre os recursos do Programa (Bacen, 2024).

Os dados de *Aliq m* e *Aliq e* demonstram que, ao longo dos anos, os valores de adicional cobrados não foram suficientes, em nenhum dos anos, para cobrir as despesas com acionamentos para as culturas de milho, soja e trigo (Bacen, 2024).

No período de 2011/2012 a 2013/2014, para a cultura do milho, foram demandados recursos na ordem de R\$495,6 milhões para que fosse complementado as despesas com a cobertura do Proagro. A cultura de soja demandou um complemento de R\$394 milhões e o trigo R\$269 milhões. Sendo a taxa de equilíbrio de 11,72%, para esse período (Bacen, 2015b).

O subsídio do governo é fundamental para que seja garantido que a ocorrência de riscos catastróficos não seja um inibidor de investimento no setor agrícola, porém, o grande desafio econômico é manter a estabilidade entre a renda do produtor e o comprometimento dos cofres públicos (Ferreira; Ferreira, 2009).

Enquanto o Proagro continua a ser um componente crucial do sistema de suporte agrícola no Brasil, as tendências observadas nesta análise destacam a necessidade urgente de ações corretivas para garantir sua sustentabilidade financeira e capacidade de amparar os agricultores em tempos de adversidade, devendo ser encontrado um equilíbrio entre o valor arrecadado com a alíquota e o valor subsidiado pelo governo (Bacen, 2024).

5.2 RISCOS CLIMÁTICOS FINANCEIROS E ACIONAMENTO DO PROAGRO

Em função das diversas unidades de medidas das variáveis em estudo, optou-se por padronizá-las, assim todas as variáveis foram logaritmizadas. Em se tratando de dados em painel, este estudo iniciou o diagnóstico em relação à raiz unitária das variáveis que a Tabela 8 resume. O teste utilizado é o teste de Fischer (baseado no Dickey Fuller Aumentado-DFA), com exceção das variáveis \ln_PM (Preço do Milho), \ln_PMM (Produtividade Média do Milho), \ln_PS (Preço da Soja) e \ln_PT (Preço do Trigo), todas as demais são estacionárias. Não foram realizados testes de raiz unitária nas variáveis dummy (el_nino e la_nina), pois são 0 ou 1. Com isso, foi realizado, nas variáveis não estacionárias (com raiz unitária), a diferenciação (primeira diferença), para que se tornem estacionárias. Tendo em vista que o teste de Pedroni indicou que há integração entre as variáveis nos três modelos em estudo, foi realizada a

modelagem padrão de regressão, não sendo indicado realizar os modelos de correção de erros.

Tabela 8: Estatísticas dos testes de raiz unitária, cointegração e p-valores para o teste de Fischer (baseado no Dickey Fuller Aumentado-DFA)

Variável		P-valor	Diagnóstico
In_VAM		0.0000	Sim, estacionária
In_PM		0.6911	Não estacionária
In_PMM		0.1336	Não estacionária
In_VAS		0.0827	Sim, estacionária**
In_PS		0.9531	Não estacionária
In_PMS		0.0643	Sim, estacionária**
In_VAT		0.0000	Sim, estacionária
In_PT		0.9418	Não estacionária
In_PMT		0.0000	Sim, estacionária
In_Tm		0.0000	Sim, estacionária
In_Pms		0.0000	Sim, estacionária
Pedroni (modelo milho)***	H ₀ : Não cointegrada H ₁ : Cointegrada	0.0006	Cointegrada
Pedroni (modelo trigo)***	H ₀ : Não cointegrada H ₁ : Cointegrada	0.0329	Cointegrada
Pedroni (modelo soja)***	H ₀ : Não cointegrada H ₁ : Cointegrada	0.0454	Cointegrada

*os testes foram realizados sem tendência.

** as variáveis são estacionárias a 10% de nível de significância

***o teste foi realizado com as variáveis não estacionárias na 1 diferença

Fonte: elaborado pela autora (2025).

Em relação aos testes que foram realizados para a decisão do modelo em painel da cultura do milho, a Tabela 9 apresenta os resultados. O modelo indicado é Efeito fixo, conforme teste Chow que rejeitou a modelagem *Pooled* (Hipótese Nula) (p-valor: 0,0000) e Suest que rejeitou a Hipótese Nula de Efeito Aleatório (p-valor: 0,0049). Apesar de o teste de Breusch-Pagan não ter rejeitado a hipótese nula (p-valor: 1,0000), sugerindo o modelo *Pooled*, o teste de Chow, ao excluir o *Pooled*, determinou o modelo de Efeito Fixo como o mais apropriado.

Tabela 9: Estatísticas dos testes e hipóteses para modelos de dados em painel para a cultura do milho

Testes	Hipóteses dos Testes	P-valor	Diagnóstico
Chow	H0: <i>Pooled</i> H1: EF	0,0000**	EF
Suest***	H0: EA H1: EF	0,0049**	EF
Breusch and Pagan	H0: <i>Pooled</i> H1: EA	1,0000	EA
Wald	H0: Homocedasticidade H1: Heterocedasticidade	0,0261*	Heterocedástico
Wooldridge	H0: Não Autocorrelação H1: Autocorrelação	0,0000**	Autocorrelação
Pesaran CD	H0: correlação <i>cross-section</i> H1: independência dos <i>cross-section</i>	0,0012**	Independência dos <i>cross-section</i>

*ao nível de 5% de significância; **ao nível de 1% de significância. ***Hausman Inconclusivo
Fonte: elaborado pela autora (2025).

O teste de Wald indicou a presença de heterocedasticidade, pois rejeitou a hipótese nula de homocedasticidade (p-valor: 0,0261). O teste de Wooldridge indicou a presença de Autocorrelação, pois rejeitou a hipótese nula de Não Autocorrelação (p-valor: 0,0000). O teste de Pesaran indicou a independência dos *cross-section*, pois rejeitou a hipótese nula de Correlação *cross-section* (p-valor: 0,0012). Com esses resultados dos testes, a Tabela 10 apresenta o resumo dos modelos estimados com o modelo em Efeito fixo padrão e o Modelo Corrigido dos problemas (heteroscedasticidade e autocorrelação) detectados nos testes, que é o foco de análise do estudo.

Os resultados da Tabela 10 indicam que as variáveis que foram significativas na cultura do milho, para explicar o valor de acionamento nos três estados, ao nível de 5% de significância foram: Preço do milho, Produtividade média no milho e o fenômeno La Niña no modelo de Efeito Fixo Corrigido. A qualidade de ajustes do modelo ou poder de explicação, foi de 19,31% que as variáveis em estudo explicam conjuntamente as variações do Valor de Acionamento do Milho, ou seja, em dados em painel o R² define o quanto as mudanças ao longo do tempo em dentro de cada estado explicam o Valor Acionamento do Milho do Proagro.

Em termos de impacto, espera-se que o aumento de 1% no preço médio do milho implique no aumento de 5,1% no Valor de Acionamento de Proagro na cultura do milho, *ceteris paribus*. A ocorrência do fenômeno La Niña está associada a um

aumento significativo no Valor de Acionamento do Milho (VAM) no Proagro, com um coeficiente estimado de 1,686. Isso equivale a um aumento médio de aproximadamente 168% no VAM durante os períodos em que esse fenômeno climático ocorre, *coeteris paribus*.

As variáveis El Niño, Temperatura Média e Precipitação Média não se mostraram significativas para explicar as variações do Valor de Acionamento na cultura do milho nos três estados em estudo, no modelo de Efeito Fixo Corrigido.

Tabela 10: Resultados dos modelos de dados em painel para a cultura do milho

Variável	Modelo Efeito Fixo	Modelo Efeito Fixo Corrigido
$\ln PMD1_{it}$	5.145* (0.003)	5.145* (0.024)
$\ln PMMD1_{it}$	7.075* (0.001)	7.075* (0.013)
$elnino_{it}$	-0.006 (0.983)	-0.006 (0.975)
$lanina_{it}$	1.686* (0.000)	1.686* (0.015)
$\ln Pms_{it}$	-0.041 (0.806)	-0.041 (0.789)
$\ln Tm$	-1.697* (0.015)	-1.697 (0.728)
$const$	19.837 (0.000)	19.837 (0.268)
R^2	19,31%	19,31%

*parâmetro significativo ao nível de 5% de significância.

Fonte: elaborado pela autora (2025).

Em relação aos testes que foram realizados para a decisão do modelo em painel da cultura da soja, a Tabela 11 resume os resultados. O modelo indicado é Efeito Fixo, conforme apontado no teste Chow que rejeitou a modelagem *Pooled* (Hipótese Nula) (p-valor: 0,0000) e Suest que rejeitou a Hipótese Nula de Efeito Aleatório (p-valor: 0,0005). Apesar de o teste de Breusch-Pagan não ter rejeitado a hipótese nula (p-valor: 1,0000), sugerindo o modelo *Pooled*, o teste de Chow, ao excluir o *Pooled*, determinou o modelo de Efeito Fixo como o mais apropriado.

Tabela 11: Estatísticas dos testes e hipóteses para modelos de dados em painel para a cultura da soja

Testes	Hipóteses dos Testes	P-valor	Diagnóstico
Chow	H0: <i>Pooled</i> H1: EF	0,0000**	EF
Suest***	H0: EA H1: EF	0,0005**	EF
Breusch and Pagan	H0: <i>Pooled</i> H1: EA	1.0000	<i>Pooled</i>
Wald	H0: Homocedasticidade H1: Heterocedasticidade	0.0002*	Heterocedasticidade
Wooldridge	H0: Não Autocorrelação H1: Autocorrelação	0,0000**	Autocorrelação
Pesaran CD	H0: correlação <i>cross-section</i> H1: independência dos <i>cross-section</i>	0.0000**	Independência dos <i>cross-section</i>

*ao nível de 5% de significância; **ao nível de 1% de significância. ***Hausman Inconclusivo
Fonte: elaborado pela autora (2025).

O teste de Wald indicou a presença de Heterocedasticidade, pois rejeitou a Hipótese Nula de Homocedasticidade (p-valor: 0,0002). O teste de Wooldridge indicou a presença de Autocorrelação, pois rejeitou a Hipótese Nula de Não Autocorrelação (p-valor: 0,0000). O teste de Pesaran indicou a independência dos *cross-section*, pois rejeitou a Hipótese Nula de Correlação *cross-section* (p-valor: 0,0000). Com esses resultados dos testes, a Tabela 12 apresenta o resumo dos modelos estimados com o modelo em Efeito fixo padrão e o Modelo Corrigido dos problemas (heteroscedasticidade e autocorrelação) detectados nos testes, que é o foco de análise do estudo.

Tabela 12: Resultados dos modelos de dados em painel para a cultura da soja

Variável	Modelo Efeito Fixo	Modelo Efeito Fixo Corrigido
$\ln PSD1_{it}$	3,474 (0,208)	3,474 (0,280)
$\ln PMS_{it}$	-1,188* (0,121)	-1,188 (0,156)
$elnino_{it}$	0,136	0,136

	(0,696)	(0,797)
<i>lanina_{it}</i>	0,874* (0,007)	0,874* (0,045)
<i>ln_Pms_{it}</i>	-0,617* (0,001)	-0,617 (0,125)
<i>ln_Tm</i>	-4,353* (0,000)	-4,353* (0,035)
<i>const</i>	39,694* (0,000)	39,694* (0,005)
<i>R²</i>	19,74%	19,74%

*parâmetro significativo ao nível de 5% de significância.

Fonte: elaborado pela autora (2025).

Os resultados da Tabela 12 indicam que as variáveis que foram significativas na cultura da soja, para explicar o valor de acionamento nos três estados, ao nível de 5% de significância foram: fenômeno La Niña, Temperatura média e a constante no modelo de Efeito Fixo Corrigido. Em relação ao impacto na cultura da soja teve o sinal da variável La Niña positivo. Assim, quando ocorre o fenômeno La Niña, há uma expectativa de aumento de aproximadamente 87,4% no Valor Acionamento da Soja no Proagro.

Em relação à variável temperatura média (Tm), espera-se que a cada aumento de 1% unidade na temperatura média (°C) esteja associado a uma redução de cerca de 4,35% no Valor Acionamento da Soja no Proagro. O contrário também é verdadeiro (cada redução de 1% na temperatura média (°C) esteja associado a um aumento de cerca de 4,35% no Valor Acionamento da Soja no Proagro.) Para a cultura da soja, o poder de explicação foi de 19,74%, maior do que o encontrado para a cultura do milho.

Os testes que foram realizados para a decisão do modelo em painel da cultura do trigo estão resumidos na Tabela 13, juntamente com seus resultados. O modelo indicado é Efeito fixo, pois no teste Chow, que rejeitou a modelagem *Pooled* (Hipótese Nula) (p-valor: 0,0000) e Suest que rejeitou a Hipótese Nula de Efeito Aleatório (p-valor: 0,0000). Apesar de o teste de Breusch-Pagan não ter rejeitado a hipótese nula (p-valor: 1,0000), sugerindo o modelo *Pooled*, o teste de Chow, ao excluir o *Pooled*, determinou o modelo de Efeito Fixo como o mais apropriado.

Tabela 13: Estatísticas dos testes e hipóteses para modelos de dados em painel para a cultura do trigo

Testes	Hipóteses dos Testes	P-valor	Diagnóstico
Chow	H0: <i>Pooled</i> H1: EF	0,0000**	EF
Suest***	H0: EA H1: EF	0,0000**	EF
Breusch and Pagan	H0: <i>Pooled</i> H1: EA	1,0000	<i>Pooled</i>
Wald	H0: Homocedasticidade H1: Heterocedasticidade	0,0565*	Heterocedasticidade
Wooldridge	H0: Não Autocorrelação H1: Autocorrelação	0,0000**	Autocorrelação
Pesaran CD	H0: correlação <i>cross-section</i> H1: independência dos <i>cross-section</i>	0,0000**	Independência dos <i>cross-section</i>

*ao nível de 5% de significância; **ao nível de 1% de significância. ***Hausman Inconclusivo
Fonte: elaborado pela autora (2025).

O teste de Wald indicou a presença de Heterocedasticidade, pois rejeitou a Hipótese Nula de Homocedasticidade (p-valor: 0,0565). O teste de Wooldridge indicou a presença de Autocorrelação, pois rejeitou a Hipótese Nula (p-valor: 0,0000) de Não Autocorrelação. O teste de Pesaran indicou a independência dos *cross-section*, pois rejeitou a Hipótese Nula de Correlação *cross-section* (p-valor: 0,0000). Com esses resultados dos testes, a Tabela 14 apresenta o resumo dos modelos estimados com o modelo em Efeito fixo padrão e o Modelo Corrigido dos problemas (heteroscedasticidade e autocorrelação) detectados nos testes, que é o foco de análise do estudo.

Os resultados da Tabela 14 indicam que as variáveis que foram significativas na cultura do trigo, para explicar o valor de acionamento nos três estados, ao nível de 5% de significância foram: Produtividade média da soja e o fenômeno La Niña no modelo de Efeito Fixo Corrigido. A constante e o parâmetro da variável Preço da soja, foram significativos a 10%.

No que se refere ao impacto do fenômeno La Niña sobre o Valor de Acionamento do trigo no Proagro, os resultados indicam que, quando esse evento climático ocorre, estima-se uma redução média de aproximadamente 166,4% no valor acionado, *ceteris paribus*. Da mesma forma que na cultura do milho, a produtividade

teve o mesmo sinal e também foi significativa, espera-se que um aumento de 1% na produtividade média mínima garantida está associado a um aumento de aproximadamente 6,28% no Valor de Acionamento do Trigo no Proagro, *ceteris paribus*. Dentre as três culturas, o R^2 do trigo foi o maior, alcançando 23,23%.

Tabela 14: Resultados dos modelos de dados em painel para a cultura do trigo

Variável	Modelo Efeito Fixo	Modelo Efeito Fixo Corrigido
$\lnPTD1_{it}$	5,934* (0,010)	5,934** (0,102)
\lnPMT_{it}	6,282* (0,000)	6,282* (0,048)
$elnino_{it}$	-0,926* (0,003)	-0,926 (0,128)
\lnlna_{it}	-1,664* (0,000)	-1,664* (0,042)
\ln_Pms_{it}	-0,141 (0,404)	-0,141 (0,219)
\ln_Tm	1,819* (0,010)	1,819 (0,418)
$const$	-38,536* (0,000)	-38,536** (0,065)
R^2	23,23%	23,23%

*parâmetro significativo ao nível de 5% de significância. **parâmetro significativo ao nível de 10% de significância. Fonte: elaborado pela autora (2025).

A ocorrência de La Niña na Região Sul do Brasil está associada, de forma geral, à redução no volume de chuvas e a intensificação de frentes frias, o que resulta em maior frequência de estiagens e geadas (CPET, 2025; Carvalho *et al.*, 2020). Com os resultados obtidos, é possível verificar que as condições adversas impactam de maneira diferente as três culturas analisadas. A análise dos dados demonstrou que o valor do acionamento aumenta para as culturas de milho e soja quando há ocorrência de La Niña. Por outro lado, para a cultura do trigo, ocorre uma redução no valor.

Os resultados encontrados podem ser explicados pelas épocas de plantio das culturas. O milho e a soja são, em sua maioria, plantados na primavera-verão, época em que os efeitos causados pela La Niña são mais intensos. Como observado por

Oñate-Paredes e Ozaki (2025), essas culturas apresentam maior vulnerabilidade à redução da precipitação durante o ciclo vegetativo, o que pode comprometer fases críticas como a floração e o enchimento dos grãos, elevando o risco produtivo.

Ademais, os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que, mantidas as demais variáveis constantes, um aumento de 1% no preço médio do milho está associado a um crescimento de aproximadamente 5,1% no valor de acionamento do Proagro. Esse comportamento pode ser explicado pela presença de risco moral, como apontado por Wu, Goodwin e Coble (2019), produtores tendem a moldar suas decisões conforme as expectativas de preço e retorno financeiro. De acordo com os autores, quando o preço do produto está mais alto, o valor da indenização também se torna maior, o que pode estimular acionamentos estratégicos, mesmo em casos de perdas parciais. Pozzo *et al.* (2024) reforçam que, em seguros subsidiados, como é o caso do Proagro, existe um incentivo à adoção de comportamentos oportunistas por parte dos produtores, sobretudo quando os valores indenizáveis se tornam atrativos economicamente. Assim, o aumento do preço pode favorecer o acionamento do seguro como forma de garantir uma indenização com valores mais altos, pois por exemplo, a quantidade produzida pode ter sido reduzida e por isso houve alta nos preços, influenciando o acionamento.

Por outro lado, outros estudos indicam que o cenário inverso, ou seja, a queda nos preços acarretam em aumento no acionamento de cobertura de seguros agrícolas. Em momentos de desvalorização dos produtos, o valor obtido com a venda pode não ser suficiente para cobrir os custos de produção. Nesses casos, pode se tornar mais vantajoso para o produtor recorrer à cobertura do seguro do que continuar conduzindo a lavoura ou comercializar a produção (Wu; Goodwin; Coble, 2019; Pozzo *et al.*, 2024).

A produtividade média foi expressiva para explicar o aumento no acionamento das culturas de milho e trigo. Esse fenômeno pode ser explicado diante da relação entre a busca por maiores produtividades, o aumento dos investimentos no setor agrícola e a ampliação do número de operações seguradas. Pimenta (2020) apresenta dados que indicam que o aumento da produtividade está ligado à expansão da área assegurada. Complementando o entendimento, Tabosa e Vieira Filho (2021) destacam que, quanto maior o valor do seguro contratado, maior tende a ser a

produtividade, criando um ciclo em que o seguro acompanha e estimula a intensificação da produção. Os dados levantados neste trabalho demonstram que regiões como Sul, com alto nível de produtividade, concentram grande parte das apólices contratadas do Proagro, reforçando essa associação.

Seguindo essa lógica, o aumento da produtividade pode estar associado ao crescimento do número de operações seguradas, impulsionado também pelo aumento nas contratações de crédito. Com isso, o aumento das operações asseguradas, que reflete uma área plantada maior, faz com que diante da ocorrência de eventos climáticos adversos, o impacto também seja mais expressivo. Isso porque, com mais áreas plantadas, aumenta a chance de que esses eventos atinjam uma parcela maior da produção, resultando em um volume mais elevado de acionamentos do seguro.

Para a cultura da soja, o aumento da temperatura está associado a uma queda no valor de acionamento. Diferente do que se observa nas culturas de trigo e milho, que tendem a ter seus ciclos encurtados e queda na produção, a soja é menos suscetível a esses efeitos negativos. Siqueira *et al.* (1994) apontam que a elevação da temperatura pode favorecer a produção da soja, otimizando os processos fisiológicos da planta.

Esse ganho em produtividade tem uma implicação direta para o Proagro. Com lavouras de soja apresentando um melhor desempenho em condições de temperatura mais elevada, a ocorrência de perdas diminui, acarretando em um menor número de acionamentos. Em outras palavras, quando a produção é maior, a necessidade de recorrer à cobertura do seguro diminui, resultando em menores valores de acionamento. Esse cenário vai de encontro com a ideia de que a produtividade efetiva é um fator determinante nos resultados das seguradoras, conforme discutido por Pozzo *et al.* (2024).

6 DISCUSSÃO

A análise dos dados em painel revelou importantes relações entre os eventos climáticos e os acionamentos do Proagro para as culturas de milho, soja e trigo, nos estados do Sul do Brasil, no período de 2013 a 2023. A robustez estatística dos modelos, especialmente os corrigidos por heterocedasticidade e autocorrelação, confere confiabilidade aos resultados estimados.

Para as três culturas analisadas, a variável El Niño não se mostrou significativa para explicar as variações do acionamento, o que difere do estudo de Luiz e Silva (2024) onde a ocorrência de El Niño tem um efeito negativo na cultura da soja. Esse resultado também contrasta com os achados de Carvalho *et al.* (2020), que identificaram que eventos climáticos extremos, incluindo aqueles relacionados ao fenômeno, foram responsáveis por perdas significativas na produção agrícola.

A ocorrência de La Niña apresentou correlação significativa com o aumento dos valores acionados no Proagro para milho e soja, corroborando estudos anteriores que apontam para os impactos assimétricos de eventos extremos na agricultura da região Sul (Berlato *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2024). Conforme estimado, a ocorrência de La Niña está associada a um aumento de 168% no valor de acionamento para milho e de 87,4% para soja. A ocorrência de La Niña na Região Sul do Brasil está associada, de forma geral, à redução no volume de chuvas e a intensificação de frentes frias, o que resulta em maior frequência de estiagem e geada (CPC, 2025; Carvalho *et al.*, 2020). Esses resultados vão ao encontro das análises feitas por Asseng *et al.* (2015) e Zambrano-Medina *et al.* (2024), que demonstram que a variabilidade hídrica na fase de floração e enchimento de grãos é um dos principais fatores de risco à produtividade agrícola no Brasil.

Com os resultados obtidos, é possível verificar que as condições adversas impactam de maneira diferente as três culturas analisadas. A análise dos dados demonstrou que o valor do acionamento aumenta para as culturas de milho e soja quando há ocorrência de La Niña. Por outro lado, para a cultura do trigo, ocorre uma redução no valor. Essa diferença na resposta das culturas também é evidenciada pelos dados históricos do Proagro analisados por Carvalho *et al.* (2020), que mostraram que diferentes tipos de eventos climáticos afetam distintamente cada

cultura.

Para a cultura do trigo, durante os eventos de La Niña, observou-se uma redução média de 166,4% no valor de acionamento. Esta divergência pode ser atribuída ao calendário agrícola distinto da cultura, semeadura no outono/inverno e colheita na primavera, o que a torna menos suscetível aos efeitos da redução das chuvas. Além disso, há evidências de que em determinadas fases, condições mais secas podem até favorecer a qualidade dos grãos de trigo, conforme discutido por Ali *et al.* (2017) e Chagas *et al.* (2021).

O milho e a soja são, em sua maioria, plantados na primavera-verão, época em que os efeitos causados pela La Niña são mais intensos. Como observado por Oñate-Paredes e Ozaki (2025), essas culturas apresentam maior vulnerabilidade à redução da precipitação durante o ciclo vegetativo, o que pode comprometer fases críticas como a floração e o enchimento dos grãos, elevando o risco produtivo. Seguindo essa linha, o estudo feito por Carvalho *et al.* (2020) também demonstra que o déficit hídrico é o principal fator responsável pela quebra da produtividade do milho no País.

Para a cultura do milho, foi observado que as variáveis de temperatura e precipitação não foram significativas para explicar o aumento ou diminuição no valor de acionamento. Ao analisar o ZARC, as janelas de plantio indicadas consideram a precipitação e a temperatura como fatores essenciais para a produtividade, conforme constatado no estudo de Amaral *et al.* (2023). A ausência de significância dessas variáveis nesse estudo pode sugerir que, para a decisão de acionamento do Proagro, fatores macro, como o fenômeno La Niña, exercem uma influência mais determinante do que as oscilações climáticas individuais. Conforme descrito por Cunha e Fontana (2024), El Niño e La Niña não são uma simples mudança em uma variável, mas sim uma alteração em larga escala que interfere no comportamento atmosférico.

Outro fator relevante nos resultados foi o papel da produtividade média como variável explicativa dos acionamentos nas culturas de milho e trigo. Os dados apontam que aumentos na produtividade estão associados a maiores valores acionados. Estudos como os de Tabosa e Vieira Filho (2021) e Pimenta (2020) já haviam apontado para essa correlação, destacando que regiões com elevada produtividade são também aquelas com maior cobertura securitária e maior volume de crédito contratado, resultando em maior exposição ao risco. Com isso, o aumento das

operações seguradas, diante de uma área plantada maior, faz com que, mediante a ocorrência de eventos climáticos adversos, o impacto também seja mais expressivo. Isso porque, com mais áreas plantadas, aumenta a chance de que esses eventos atinjam uma parcela maior da produção, resultando em um volume mais elevado de acionamentos do seguro.

Esse risco sistêmico amplificado pela concentração geográfica das operações, foi destacado por Ozaki e Dias (2009), que alertam para o fato de que eventos catastróficos podem afetar não somente um produtor, mas milhares de produtores em uma vasta extensão territorial, comprometendo financeiramente as seguradoras. Os resultados apresentados por Torres *et al.* (2024) validam a ideia de que eventos climáticos de grande escala são um dos principais desafios para a sustentabilidade financeira de programas como o Proagro, principalmente quando somada a essa concentração territorial.

Quanto aos preços agrícolas, o resultado expressivo foi observado na cultura do milho: um aumento de 1% no preço médio implicou em acréscimo de 5,1% no valor do acionamento. Tal relação reforça a importância da análise do risco moral, também discutido por Wu, Goodwin e Coble (2019) e Di Falco *et al.* (2014), onde os produtores tendem a ajustar suas estratégias de gestão de risco conforme as expectativas de retorno, acionando o seguro mais frequentemente quando os preços estão altos, maximizando o valor financeiro indenizável a ser recebido. Pozzo *et al.* (2024) complementam essa visão ao apontar que sistemas de seguro subsidiado, como o Proagro, podem gerar incentivos adversos ao comportamento do produtor. O PSR oferece subsídios que podem chegar de 35% a 45% do valor do prêmio, conforme documentado por Tabosa e Vieira Filho (2021), o que pode intensificar esse comportamento oportunista.

Por outro lado, outros estudos indicam que o cenário inverso, ou seja, a queda nos preços acarreta em aumento no acionamento de cobertura de seguros agrícolas. Em momentos de desvalorização dos produtos, o valor obtido com a venda pode não ser suficiente para cobrir os custos de produção. Nesses casos, pode se tornar mais vantajoso para o produtor recorrer à cobertura do seguro do que continuar conduzindo a lavoura para comercializar a produção (Wu; Goodwin; Coble, 2019; Pozzo *et al.*, 2024).

Em relação à temperatura média, os resultados foram diferentes entre as culturas analisadas. Para a soja, identificou-se uma relação negativa, ou seja, elevações de temperatura estão associadas a uma redução no valor de acionamento. Siqueira *et al.* (1994) e Tao *et al.* (2016) destacam que a soja apresenta uma maior resiliência térmica, sendo essa característica uma possível explicação para o resultado obtido. Nos resultados desse estudo, a temperatura não apresentou relevância para justificar o aumento nos acionamentos para as culturas de milho, soja e trigo, porém no estudo realizado por Asseng *et al.* (2014), o aumento de temperatura acarreta uma queda na produtividade, cerca de 6% a cada 1°C de aumento na temperatura.

Enquanto o aumento isolado da temperatura pode ser benéfico, o efeito negativo da falta de chuva pode sobrepor a qualquer efeito positivo da elevação da temperatura, tornando essa dinâmica mais complexa ao considerar eventos climáticos extremos. Siqueira *et al.* (1994) e Tao *et al.* (2016) destacam que os maiores prejuízos das seguradoras foram justamente nos anos de seca severa, que muitas vezes coincidem com a presença do fenômeno La Niña. Isso sugere que o efeito positivo da elevação da temperatura é ofuscado pelo fator mais crítico, a falta de precipitação, que é o que de fato impulsiona as perdas e os acionamentos no Proagro durante esses eventos de grande escala. Esse papel determinante do fator hídrico é reforçado no estudo feito por Asseng *et al.* (2014), no qual foi confirmado que, em cenários de campo nos quais a água é um fator limitante, a restrição hídrica imposta pela La Niña se torna um fator determinante para ocorrência de perdas.

Em síntese, os achados desta pesquisa confirmam que o comportamento do Proagro na região Sul do Brasil é influenciado por múltiplos fatores, sendo a La Niña, os preços das commodities e a produtividade agrícola os principais determinantes. Tais resultados dialogam com o cenário internacional, onde programas públicos de seguro rural, como o *Federal Crop Insurance Program* dos Estados Unidos, também enfrentam dilemas semelhantes quanto à sustentabilidade financeira e aos efeitos comportamentais induzidos pelos subsídios (Goodwin; Smith, 2021).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou a evolução do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) na região Sul do Brasil, no período de 2013 a 2023, com foco nos riscos climáticos e financeiros que contribuem para o aumento no valor do acionamento de cobertura do Programa no ano safra. Com isso, buscou-se analisar o histórico de acionamento do Proagro, as culturas de maior relevância, assim como os eventos que causam maiores impactos nas lavouras e acionamentos. Foi realizada a estimativa da alíquota de equilíbrio do Programa, visando mensurar sua sustentabilidade financeira.

A metodologia empregada foi eficiente, pois permitiu estimar o modelo adequado e de suporte metodológico (efeito fixo). E, deste modo, determinar os fatores climáticos e financeiros que influenciam os pedidos de cobertura. A análise realizada possibilitou mensurar o impacto da produtividade média, temperatura média, precipitação acumulada, preço e a ocorrência de El Niño ou La Niña nas operações enquadradas no Programa, para as culturas de milho, soja e trigo.

Como principais resultados, constatou-se que a ocorrência do fenômeno La Niña impacta positivamente o valor de acionamento para as culturas de milho e soja na Região Sul, indicando um aumento nas solicitações de cobertura pelo programa durante o período em que o fenômeno ocorre. Por outro lado, para a cultura do trigo, a La Niña está associada a uma redução no valor do acionamento. Essas distinções podem ser explicadas pelas épocas de plantio e pelas diferentes suscetibilidades das culturas às condições climáticas adversas.

O resultado ligado ao aumento da temperatura média mostrou estar associado a uma redução no valor de acionamento para a cultura da soja, pois a cultura se mostra menos suscetível a impactos negativos de temperaturas elevadas. Diferentemente do esperado, a ocorrência de El Niño não se mostrou significativa para a ocorrência de acionamentos na região.

A pesquisa reforça a importância do agronegócio para a economia brasileira e a crescente exposição do setor a eventos climáticos extremos. O Proagro, embora essencial como política pública de mitigação de riscos, especialmente na Região Sul, enfrenta desafios de sustentabilidade financeira devido ao grande aumento nos

pedidos de cobertura. Compreender a dinâmica dos acionamentos do Proagro em face dos riscos climáticos e financeiros é fundamental para fortalecer a resiliência do setor agropecuário brasileiro e garantir a efetividade de um dos principais instrumentos de proteção aos produtores rurais.

Destaca-se como fragilidades a ausência de dados mensais referente a emissão de gases de efeito estufa (GEE), impedindo sua utilização como variável na análise. Da mesma forma, os dados referentes aos preços das culturas produtividade média, tendo em vista que as cotações permanecem constantes por meses seguidos, diante da dinâmica de plantio-colheita-comercialização das culturas.

Para estudos futuros, sugere-se a ampliação da área de estudo para todo o Brasil, a fim de mitigar as limitações impostas pelo número restrito de indivíduos (estados), analisando de forma mais ampla como as variações climáticas afetam o território nacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. F. de; *et al.* (Org.). **Gestão de sistemas de agronegócios**. São Paulo: FEA USP, 2015.

ALMEIDA, W. S. de. Massificação das operações do seguro rural: o grande desafio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 21-26, 2007. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/484>. Acesso em: 10 jan. 2025.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 01 jun. 2025.

AMARAL, T. A. *et al.* **Metodologia para o Zoneamento Agrícola de Risco Climático da produtividade do milho: ZarcPro-Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2023.

ANDRADE, R. P. de. A construção do conceito de incerteza: uma comparação das contribuições de Knight, Keynes, Shackle e Davidson. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 21, n. 2, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-63512011000200001>. Acesso em: 06 jan. 2025.

ANTÔNIO ROSSETTI, L. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Rev. Bras. Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, nº Especial: Zoneamento Agrícola, p.386-399, 2001. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/estudos_observatorio-do-zarc/estudos-2001/2001-luiz-antonio-rossetti-zoneamento-agricola-em-aplicacoes-de-credito.pdf/@@download/file. Acesso em: 03 jan. 2025.

ARAÚJO, P. H. C.; *et al.* Eventos climáticos extremos: efeitos dos fenômenos el niño e la niña sobre a produtividade agrícola. *In*: BOUERI, R.; COSTA, M. A. (Orgs.). **Brasil em desenvolvimento: estado, planejamento e políticas públicas**. v. 2. Brasília: IPEA, 2013.

ARIAS, D., *et al.* (Orgs.). **Revisão rápida e integrada da gestão de riscos agropecuários no Brasil: Caminhos para uma visão integrada**. Brasília: Banco Mundial, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1044224/1/Revisaorapidaeintegradadagestao.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2025.

ASSAD, E. D.; ASSAD, M. L. R. C. L. Mudanças do clima e agropecuária: impactos, mitigação e adaptação. Desafios e oportunidades. **Estud. av.**, São Paulo, v. 38, n. 112, p. 271–292, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.015>. Acesso em: 05 jan. 2025.

ASSENG, S. et al. Rising temperatures reduce global wheat production. **Nature Climate Change**, v.5, p.143–147, 2015. Disponível em: ASSENG, S. et al. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, v.5, p.143–147, 2015. Acesso em: 10 Ago. 2025.

BACEN. **Manual do Crédito Rural**. Banco Central do Brasil, Brasília, 2024. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/mcr>. Acesso em: 05 jan. 2025.

BACEN. **Matriz de Dados do Proagro**. Banco Central do Brasil, Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/proagro>. Acesso em: 05 jun. 2024.

BACEN. **Propostas de aprimoramento na política de gestão de risco da atividade rural**. Banco Central do Brasil, Brasília, 2020. Disponível em: https://normativos.bcb.gov.br/Votos/CMN/202055/Voto_0552020_CMN.pdf. Acesso em: 05 jan. 2025.

BACEN. **Relatório Circunstanciado 2011 a 2014**. Banco Central do Brasil, Brasília, 2015b. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/htms/proagro/PROAGRO-relatorioCircunstanciado2011a2014.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2025.

BACEN. **Relatório Circunstanciado 2012 a 2015**. Banco Central do Brasil, Brasília, 2015a. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/htms/proagro/PROAGRO-relatorioCircunstanciado2012a2015.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2025.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. 3. ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2005.

BERLATO, M. A. *et al.* El Niño e La Niña: efeitos sobre o desenvolvimento, o rendimento e o risco climático para culturas agrícolas no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 13–20, 2005.

BERLATO, M.A.; Fontana, D.C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 110p.

BRASIL. **Lei nº 4.829, de 5 de novembro de 1965**. Institucionaliza o crédito rural. Brasília, DF, 1965. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4829-5-novembro-1965-368469-normaatualizada-pl.html>. Acesso em: 10 jan. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: MMA, 2007. 212 p. (Série Biodiversidade, 26). Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/986>. Acesso em: 29 dez. 2024.

BRASIL. **Portal de Informações Agropecuárias**. CONAB, Ministério da Economia,

Brasília, 2025. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>. Acesso em: 19 dez. 2024.

BRASIL. **Proagro** - Saiba mais sobre o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro). Ministério da Agricultura e Pecuária, Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/proagro>. Acesso em: 12 jan. 2025.

BRISOLARA, C. S. **Proposições para o desenvolvimento do seguro de receita agrícola no Brasil**: do modelo teórico ao cálculo das taxas de prêmio. 2013. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.11.2013.tde-02102013-141823>. Acesso em: 15 jan. 2025.

BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, J. M. da. Riscos e seguro rural no Brasil. *In*: BUAINAIN, A. M. *et al.* (org.). **Seguros rurais no Brasil**: desafios e perspectivas. Brasília: IPEA, 2017. p. 43–72.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics using Stata**. College Station: Stata Press, 2010.

CARRER, M. J.; VINHOLIS, M. D.; DE SOUZA FILHO, H. M.; DA SILVEIRA, R. L. F. Determinantes da adoção do seguro rural: evidências entre produtores rurais do estado de São Paulo. *In*: **CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL**, 57., 2019, Ilhéus. Agricultura, alimentação e desenvolvimento. Ilhéus: Sober, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1120345>. Acesso em: 10 jan. 2025.

CARVALHO, A. L. de; *et al.* Impactos da ocorrência de eventos climáticos extremos na produção agrícola brasileira. **Sustainability in Debate**, [s. l.], v. 11, n. 3, 197–210, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33814>. Acesso em: 10 jan. 2025.

CARVALHO, D. F. **O padrão de financiamento rural e a regulação da modernização da agricultura brasileira nos anos 80**: expansão, auge e declínio da política de crédito rural no Brasil. 1994. 270 fls. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, 1994. Programa de Pós-Graduação em Economia. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/9776>. Acesso em: 12 jan. 2025.

CASTILHOS, É. P. H. de; HENKES, J. A. Análise de crédito bancário: um estudo sobre os critérios e fatores para concessão em uma cooperativa do SICOOB. **Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 24–40, 2021. Disponível em: <https://rbmaes.emnuvens.com.br/revista/article/view/72>. Acesso em: 06 jan. 2025.

CASTRO, P. R. V. Do estado ao mercado: a trajetória do crédito rural brasileiro e as diversas fontes de financiamento, período colonial ao século XXI. **Informações Econômicas**, [s. l.], v. 47, n. 3, p. 40–49, 2017. Disponível em: <https://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/ie/2017/tec4-0717.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2024.

CEBALLOS, F.; HAZELL, P. B.; HILL, R. V.; KRAMER, B. Agricultural insurance: Policies and programs for reducing farmer risk. *In*: International Food Policy Research Institute (IFPRI). **Global food policy report 2025: Food policy: Lessons and priorities for a changing world**. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2025.

CEPEA. PIB do agronegócio mantém queda no segundo trimestre, acumulando recuo de 3,5% em 2024. **CEPEA Brasil**, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRONEGOCIO-MANTEM-QUEDA-NO-SEGUNDO-TRIMESTRE.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2025.

CEPEA. PIB do agronegócio sofre queda no primeiro trimestre devido aos baixos preços agropecuários. **CEPEA Brasil**, São Paulo, 2023. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_CNA_1tri_2024_PIBAgroBrasil.pdf. Acesso em: 22 jan. 2025.

CHAGAS, J. H.; et al. **Tecnologia de produção de trigo sequeiro no Cerrado do Brasil Central**. Brasília, DF: Embrapa Trigo; Embrapa Cerrados, 2021. 40 p.

CHOULARTON, R.; KRISHNAMURTHY, P. K.; LEWIS, K. **Climate impacts on food security and nutrition: A review of existing knowledge**. World Food Programme (WFP), Lund University, Suécia, 2012. Disponível em: <https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/129864479/wfp258981.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2025.

CIDADE DE ARAÚJO, P. F. **Política de crédito rural: Reflexões sobre a experiência brasileira**. Texto para Discussão Cepal Ipea 37: Política de crédito rural: reflexões sobre a experiência brasileira. Brasília: IPEA, 2011.

CNA. Safra de grãos 2015/2016 terá queda de 10,3% em consequência das adversidades climáticas. **CNA Brasil**, Brasília, 2016. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/noticias/safra-de-gr%C3%A3os-2015-2016-ter%C3%A1-queda-de-10-3-em-consequ%C3%Aancia-das-adversidades-clim%C3%A1ticas>. Acesso em: 13 jan. 2025.

COBLE, K. H.; BARNETT, B. J. Why do we subsidize crop insurance?. **Amer. J. Agr. Econ.**, [s. l.], v. 95, n. 2, p. 498-504, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ajae/aas093>. Acesso em: 15 dez. 2024.

CONAB. **Boletim da Safra de Grãos – 7º levantamento, maio 2025**. Brasília: Conab, 2025. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 8 jun. 2025.

COSTA, L. T. **Aspectos científicos, tecnológicos e inter-regionais do seguro**

agrícola: uma abordagem integrativa. 2023. 104 fls. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios. Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/270496>. Acesso em: 10 dez. 2024.

COSTA, N. L.; DE SANTANA, A. C. Estudo da Concentração de Mercado ao Longo da Cadeia Produtiva da Soja no Brasil. **Revista de Estudos Sociais**, [s. l.], v. 16, n. 32, p. 111-135, 2014. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5004646>. Acesso em: 03 jan. 2025.

CPC. **Climate Prediction Center**. National Weather Service, Maryland, EUA, 2025. Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>. Acesso em: 13 dez. 2024.

CUNHA, G. R.; *et al.* El Niño/La Niña-Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ed. 121, p. 18-22, 2011. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/914645>. Acesso em: 18 jan. 2025.

CUNHA, G. R.; *et al.* Influência de El Niño e La Niña na agricultura brasileira. In: **IICA. O fenômeno El Niño na agricultura das Américas**. Brasília: IICA, 2015. p. 9–24.

DE SANTANA SILVA, P. I. G.; DE MOURA BORGES, L. A prorrogação de dívida e frustração de safra: síntese jurídica. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, [s. l.], v. 8, n. 18, p. e082218-e082218, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.55892/jrg.v8i18.2218>. Acesso em: 22 jan. 2025.

DENG, X.; *et al.* Impacts of El Nino-Southern Oscillation events on China's rice production. **Journal of Geographical Sciences**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 3–16, fev. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11442-010-0003-6>. Acesso em: 18 jan. 2025.

DEVADOSS, S.; RIDLEY, W. Impacts of the Russian invasion of Ukraine on the global wheat market. **World Development**, v. 173, p. 106396, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11442-010-0003-6>. Acesso em: 18 ago. 2025.

DOLAN, A. H.; SMIT, B.; SKINNER, M. W.; BRADSHAW, B.; BRYANT, C. R. **Adaptation to climate change in agriculture:** evaluation of options. Department of Geography University of Guelph, Occasional Paper n. 26, Canadá, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/245190282_Adaptation_to_Climate_Change_in_Agriculture_Evaluation_of_Options. Acesso em: 10 dez. 2024.

EMBRAPA. **Uma história brasileira do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215962/1/Uma-historia->

brasileira-do-milho.pdf. Acesso em: 8 jun. 2025.

FAO. **Statistical Yearbook 2020**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2020. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/fe3b44ad-553a-4d2f-b8d9-d0ef1dc509ed/content>. Acesso em: 2 jun. 2025.

FAO. **Statistical Yearbook 2024**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2024. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8dde9b01-6771-45bc-ad39-cf194b616f9f/content>. Acesso em: 24 jun. 2025.

FAO. **The impact of natural hazards and disasters on agriculture and food security and nutrition: a call for action to build resilient livelihoods**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, [s. l.], 2015. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a9b93dc0-9b13-4644-96d0-fd8879e66007/content>. Acesso em: 17 jan. 2025.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Impactos da seca na produção de soja. *In*: EMBRAPA SOJA. **Resultados de pesquisa de soja 1991/92**. Londrina: EMBRAPA, 1999.

FERREIRA, A. L. C. J.; FERREIRA, L. da R. Experiências internacionais de seguro rural: as novas perspectivas de política agrícola para o Brasil. **Rev. Econômica**, Rio de Janeiro, v. 11 n. 1, p. 131-156, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/reuff.v11i1.34875>. Acesso em: 16 dez. 2024.

FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. **Production – Corn**. U.S Department of Agriculture, [s. l.], 2025. Disponível em: https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/0440000?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 16 maio 2025.

FORNAZIER, A.; DE SOUZA, P. M.; PONCIANO, N. J. A importância do seguro rural na redução de riscos da agropecuária. **Revista de Estudos Sociais**, [s. l.], v. 14, n. 28, p. 39-52, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/observatorio-do-seguro-rural/estudos/estudos-2012-1/2012-armando-fornazier-a-importancia-do-seguro-rural-na-reducao-de-riscos-da-agropecuaria.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.

GARRIDO, A.; ZILBERMAN, D. Revisiting the demand of agricultural insurance: The case of Spain. *In*: European Association of Agricultural Economists (EAAE). **101st Seminar, 2007** Berlin Germany, 2007. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/9266?v=pdf>. Acesso em: 18 dez. 2024.

GENEROSO, R.; COUHARDE, C.; DAMETTE, O.; MOHADDES, K. The growth effects of El Nino and La Nina: Local weather conditions matter. **Annals of Economics and Statistics**, [s. l.], n. 140, p. 83–126, 2020. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/10.15609/annaeconstat2009.140.0083>. Acesso em: 10

jan. 2025.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 6. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008.

GUTIÉRREZ, R. **Políticas públicas de gestão de risco na agricultura: o caso do Brasil**. Santiago do Chile: FAO, 2014.

HAZELL, P. B. R.; *et al.* **Managing agricultural risk: impacts on income, productivity, and the environment**. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 1986.

HENCHIRI, M.; IGBAWUA, T.; JAVED, T.; BAI, Y.; ZHANG, S.; ESSIFI, B.; UJOH, F.; ZHANG, J. Meteorological drought analysis and return periods over North and West Africa and linkage with El Niño–Southern Oscillation (ENSO). **Remote Sensing**, [s. l.], v. 13, n. 23, p. 4730, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/23/4730>. Acesso em: 17 jan. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **PAM – Produção Agrícola Municipal**. IBGE, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 17 jan. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal: Tabela 5457 - Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes**. IBGE, Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 10 mai. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)**. IBGE, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://Sidra.Ibge.Gov.Br/Tabela/1612>. Acesso em: 10 dez. 2024.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA – IICA. **Variabilidad climática y agricultura en América del Sur: desafíos y respuestas desde el sector agropecuario**. San José, CR: IICA, 2015.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA – IICA. **El fenómeno de El Niño en la agricultura de las Américas**. San José, CR: IICA, 2015. Disponível em: <https://www.iica.int>. Acesso em: 10 jun. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária – SISDAGRO**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, [s. d.]. Disponível em: <https://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/index>. Acesso em: 10 jan. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Impactos dos eventos El Niño e La Niña no regime de chuvas no Brasil**. São José dos

Campos: CPTEC/INPE, 2012.

IPEA. **Eventos Generalizados e Segurança Agrícola**. Relatório de análises feitas por técnicos do CER e da Universidade de Brasília (UnB), com ênfase em problemas estruturais do Proagro. Brasília: IPEA, 1993.

KEYNES, J. M. **The General Theory of Employment, Interest and Money**. Londres: Macmillan, 1937.

KNIGHT, F. **Risk, uncertainty and profit**. London: Houghton Mifflin, 1921. (Second Edition, 1933).

KUMARI, M.; CHAKRABORTY, A.; CHAKRAVARATHI, V.; PANDEY, V.; ROY, P.S. Impact of climate and weather extremes on soybean and wheat yield using machine learning approach. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, [s. l.], v.38, p.3461-3479, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00477-024-02759-3>. Acesso em: 03 jan. 2025.

LOYOLA, P.; MOREIRA, V. R.; VEIGA, C. P. Analysis of the Brazilian Program of Subsidies for Rural Insurance Premium: evolution from 2005 to 2014. **Modern Applied Science**, [s. l.], v. 10, n. 7, p. 87-98, 2016. Disponível em: <http://ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/55796>. Acesso em: 03 jan. 2025.

LOYOLA, P.; SCHWANTES, F. (Orgs). **Guia de Seguros Rurais**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/publicacoes-seguro-rural/guia-dos-seguros-rurais>. Acesso em: 08 out. 2024.

LUIZ, A. J. B.; DA SILVA, F. A. M. Efeito do El Niño Oscilação Sul na produtividade da soja em Planaltina, DF. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 32, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v32.e027577>. Acesso em: 10 jan. 2025.

MADDALA, G. S.; WU, S. A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. **Oxford Bulletin of Economics and statistics**, [s. l.], v. 61, n. S1, p. 631-652, 1999. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/bla/obuest/v61y1999is1p631-652.html>. Acesso em: 17 jun. 2025.

MAPA. **Programa de subvenção ao prêmio do seguro rural - Relatório 2023**. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/dados/relatorios/RelatorioGeralPSR2023.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.

MARTÍNEZ, O. The impact of climate change on crop productivity and adaptation and mitigation strategies in agriculture. In: KANGA, S.; *et al.* (Ed.). **Transforming agricultural management for a sustainable future: climate change and machine learning perspectives**. Cham: Springer, 2024. p.1-20. Disponível em:

https://doi.org/10.1007/978-3-031-63430-7_1. Acesso em: 13 maio 2025.

MEDEIROS, E. A. Avaliação da Implementação do Programa de Subvenção do Prêmio do Seguro Rural. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 51, n. 2, p. 295-308, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032013000200005>. Acesso em: 19 dez. 2024.

MEDINA, J.C. Introdução e evolução da soja no Brasil. *In*: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Eds.). **A Soja no Brasil**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas (IAC), 1981.

MOTA, A. L.; MIQUELLUTI, D. L.; OZAKI, V. A. Predição de sinistros agrícolas: uma abordagem comparativa utilizando aprendizagem de máquina. **Economia Aplicada**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 533–554, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/1980-5330/ea161194>. Acesso em: 17 jan. 2025.

NERY, J. T. Dinâmica climática da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 1, n. 1, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25233>. Acesso em: 4 jun. 2025.

NOAA. **El Niño and La Niña Years and Intensities**. Golden Gate Weather Services, [s. l.], 2024. Disponível em: <https://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em: 17 jan. 2025.

OLIVEIRA, C. A. de; PEREIRA, R. M. Inadimplência no crédito rural no Brasil: uma avaliação econométrica do impacto dos fatores macroeconômicos. **Revista de Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 63, p. e292119, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.292119>. Acesso em: 22 jun. 2025.

OLIVEIRA, J. J. de. **O impacto da crise fiscal brasileira dos anos 80 no crédito rural**: mecanismos e instrumentos alternativos de financiamento agrícola. 1995. 150 fls. Dissertação (Mestrado) - FGV EAESP - CMAPG: Mestrado em Administração Pública e Governo. São Paulo, 1995. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/5201>. Acesso em: 17 jan. 2025.

OÑATE-PAREDES, C.; OZAKI, V. A. Impacto de um mecanismo de seguro agrícola no crédito na agricultura familiar: evidência do “Proagro Mais” no Paraná. **Rev. Econ. Sociol. Rural.**, Brasília, v. 63, p. e266252, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.266252>. Acesso em: 10 jan. 2025.

OZAKI, V. A. O papel do seguro na gestão de risco agrícola e os empecilhos para o seu desenvolvimento. **R. Bras. Risco e Seg.**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 75-92, 2007. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/observatorio-do-seguro-rural/estudos/estudos-2008/2008-vitor-azaki-o-papel-do-seguro-na-gestao-do-risco-agricola-e.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2025.

OZAKI, V. A.; DIAS, C. T. dos S. Análise e quantificação do risco para a gestão eficiente do portfólio agrícola das seguradoras. **Rev. Econ. Sociol. Rural.**, Brasília,

v. 47, p. 549-567, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032009000300001>. Acesso em: 12 jan. 2025.

OZAKI, V. A.; SPOLADOR, H. F. S.; DE MELLO, P. C. (Orgs.). **Estudos de risco e seguro no agronegócio brasileiro**. Rio de Janeiro: Funenseg, 2007.

PAREDES, C. A. O. **Avaliação de impacto do Proagro Mais: um estudo de caso**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-07062016-153253/>. Acesso em: 06 jan. 2025.

PINTOR, E. de; SILVA, G. M. da; PIACENTI, C. A. Crédito rural e crescimento econômico no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 5-19, 2015. Disponível em: <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/962>. Acesso em: 03 jan. 2025.

POZZO, B. S. D.; *et al.* Seguro agrícola na lavoura de soja: fatores de impacto nos resultados das seguradoras. **Rev. Econ. Sociol. Rural.**, Brasília, v. 63, p. e284948, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.284948>. Acesso em: 10 jan. 2025.

QUADRO, M. F. L.; *et al.* **Climatologia de precipitação e temperatura**. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/chuesp.html>. Acesso em: 15 de jun. 2025.

RAMOS, S. Y.; MARTHA JUNIOR, Geraldo Bueno. **Evolução da política de crédito rural brasileira**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010.

RAY, D. K.; *et al.* Climate change has likely already affected global food production. **PLoS ONE**, [s. l.], v.14, e0217148, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>. Acesso em: 10 jan. 2025.

RODRIGUES, M. da S.; *et al.* O Programa de Garantia Agropecuária (PROAGRO) como um instrumento de defesa sanitária vegetal no Brasil: O caso do milho no período 2015 a 2022. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 12, n. 10, e103121043494, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i10.43494>. Acesso em: 10 jan. 2025.

DE OLIVEIRA SANCHES, Fabio; VERDUM, Roberto; FISCH, Gilberto. O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 51, p. 73–84-73–84, 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26423/>. Acesso em: 10 jan. 2025.

SANTOS, C. A. C. dos; *et al.* Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA. **Theoretical and Applied Climatology**, [s. l.], v.147, p.1379-1399, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704->

021-03903-7. Acesso em: 18 maio 2025.

SANTOS, C. V. dos; *et al.* Potential impacts of climate change on agriculture and the economy in different regions of Brazil. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v.60, e220611, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.220611>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SANTOS, W.; MARTINS, J. O Zoneamento Agrícola de Risco Climático e sua contribuição à agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 73-94, 2016. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1157>. Acesso em: 17 jan. 2025.

SCHEEREN, P. L; *et al.* **Trigo no Brasil**: desafios e oportunidades para ampliar a produção nacional. Londrina: Embrapa Trigo, 2023. 52 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/45509367/trigo-no-brasil-desafios-e-oportunidades-para-ampliar-a-producao-nacional>. Acesso em: 8 jun. 2025.

SERIGATI, F. C. A macroeconomia da agricultura. **Agroanalysis**, [s. l.], v. 33, n. 01, p. 15-16, 2013. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/view/20751>. Acesso em: 03 jan. 2025.

SILVA, J. A. da; TEIXEIRA, M. do S. G.; SANTOS, V. G. dos. Avaliação do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural – 2005 a 2012. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 105-118, 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/observatorio-do-seguro-rural/estudos/estudos-2014/2014-jose-alderir-da-silva-avaliacao-do-programa-de-subvencao-ao-premio-do-seguro-rural20132005-a-2012.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2025.

SILVA, R. da; GOSMANN, M. A atuação do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural em áreas produtoras de soja no Rio Grande do Sul: uma abordagem espacial. **Revista de Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 62, n. 1, e304982, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/gmDC9zrGkdWwcbzrnt4MC5D/>. Acesso em: 8 jun. 2025.

SILVEIRA JUNIOR, P. A.; *et al.* Seguro Rural No Brasil: Experiências e Proposições Para Um Modelo Integrado De Gestão Do Risco Agrícola (Migra). 2008. In: CONGRESSO DA SOBER – SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais [...]**. Rio Branco: SOBER, 2008. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/109444/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

SIQUEIRA, O. J. F. de; *et al.* Efeitos potenciais de mudanças climáticas globais na agricultura brasileira e estudos de adaptação para trigo milho e soja. **Rev. Bras. de Agrometeorol.**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 115-129, 1994. Disponível em:

<https://www.ourinhos.unesp.br/Home/Pesquisa/GruposdeEstudo/Clima/058.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2025.

SMITH, V. H.; GLAUBER, J. W. Agricultural insurance in developed countries: where have we been and where are we going?. **Applied Economic Perspectives and Policy**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 363-390, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aep/pps029>. Acesso em: 12 jan. 2025.

SOARES DE ALMEIDA, W. Massificação das operações do seguro rural: o grande desafio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 21-26, 2007. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/484/435>. Acesso em: 07 jan. 2025.

SOUZA, R. G. DE, & FILHO, J. E. R. V. (2021) Produção de trigo no Brasil: análise de políticas econômicas e seus impactos. **Revista de Política Agrícola**, [S. l.], v. 30, n. 2, p. 45, 2021. Disponível em: <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/1614>. Acesso em: 08 ago. 2025.

TABOSA, F. J. S.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Análise do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural e seu impacto na área plantada e na produtividade agrícola dos segurados no Brasil. **Revista Planejamento e Políticas Públicas**, [s. l.], v. 58, p. 73–100, 2021a. Disponível em: <https://doi.org/10.38116/ppp58art3>. Acesso em: 12 jan. 2025.

TABOSA, F. J. S.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Análise espacial do programa de subvenção ao prêmio do seguro rural (PSR) e seu impacto na área cultivada e na produtividade agrícola no Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 52, n. 1, p. 27-43, 2021b. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/59613>. Acesso em: 18 jan. 2025.

TAO, F.; *et al.* Variability in crop yields associated with climate anomalies in China over the past three decades. **Regional Environmental Change**, [s. l.], v.16, p.1715-1723, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0920-0>. Acesso em: 10 fev. 2025.

TÁVORA, F. L.; FRANÇA, F. F. **Impactos das mudanças climáticas na agropecuária brasileira e os desafios para a segurança alimentar e humana**. 2021. 31 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Altos Estudos em Defesa) - Escola Superior de Defesa (ESD), Brasília, 2021. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/handle/123456789/1421>. Acesso em: 10 jan. 2025.

THE WORLD BANK. **Managing agricultural production risk: innovations in developing countries**. Washington, D.C.: World Bank, 2005.

TORRES, R.; *et al.* **Efeitos do El Niño e La Niña no clima e seguro agrícola na região sul do Brasil**. In: Anais.. Palmas, TO: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2024. Disponível em: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/814534.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2025.

TORRES, RONALDO; BACHA, CARLOS JOSÉ CAETANO; ANTUNES, LUZIA APARECIDA. Análise dos programas federais de seguro rural no Brasil de 2000 a 2022. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, n. 3, p. e281275, 2024.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/resr/a/CfGfMm3Hm3fhSGSLn8XP7hq/?lang=pt> . Acesso em: 30 jun. 2025

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. Brasília: Ipea, 2017.

WANG, H. H.; TACK, J. B.; COBLE, K. H. Frontier studies in agricultural insurance. **Geneva Pap Risk Insur Issues Pract.**, [s. l.], v. 45, p. 1-4, 2020.

Disponível em: <https://doi.org/10.1057/s41288-019-00156-4>. Acesso em: 12 jan. 2025.

WEDEKIN, I. **Política agrícola no Brasil: o agronegócio na perspectiva global**. São Paulo: WDK Agronegócio, 2019.

WU, S.; GOODWIN, B. K.; COBLE, K. Moral hazard and subsidized crop insurance. **Agricultural Economics**, [s. l.], v. 51, n. 1, p. 131-142, 2020. Disponível em:

<https://ideas.repec.org/a/bla/agecon/v51y2020i1p131-142.html>. Acesso em: 21 maio 2025.

ZAMBRANO-MEDINA, Y.G.; *et al.* The impact of climate change on crop productivity and adaptation and mitigation strategies in agriculture. *In*: KANGA, S.; *et al.*

Transforming agricultural management for a sustainable future: climate change and machine learning perspectives. Cham: Springer, 2024. p.1-20. Disponível em:

https://doi.org/10.1007/978-3-031-63430-7_1. Acesso em: 19 jun. 2025.