



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAIS



**João Marcos Melo Santos**

**MODELOS LINEARES GENERALIZADOS APLICADOS À  
PRECIFICAÇÃO DE SEGURO AGRÍCOLA NA PRODUTIVIDADE DE  
MILHO DOS MUNICÍPIOS DE SERGIPE**

**São Cristóvão – SE**

**2021**

**João Marcos Melo Santos**

**Modelos lineares generalizados aplicados à precificação de seguro agrícola  
na produtividade de milho dos municípios de Sergipe.**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Estatística e Ciências  
Atuariais da Universidade Federal de Sergipe,  
como parte dos requisitos para obtenção do grau  
de Bacharel em Ciências Atuariais.**

**Orientador (a): Amanda da Silva Lira**

**São Cristóvão – SE**

**2021**

**João Marcos Melo Santos**

**Modelos lineares generalizados aplicados à precificação de seguro agrícola  
na produtividade de milho dos municípios de Sergipe.**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Estatística e Ciências Atuariais  
da Universidade Federal de Sergipe, como um dos  
pré-requisitos para obtenção do grau de Bacharel  
em \_\_\_\_\_.**

**Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_, Nota Final \_\_\_\_\_.**

**Banca Examinadora:**

---

**Prof. Amanda da Silva Lira**

**Orientadora**

---

**Prof. Vanessa Kelly dos Santos**

**1º Examinador**

---

**Prof. Juliana Katia da Silva**

**2º Examinador**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por permitir que tudo isso aconteça. Pois sem sua misericórdia nada seria possível.

Agradeço ao meu Pai, Dejair Melo Santos, por me apoiar em tudo na vida, a minha mãe, Zenaide Maria Lima Santos, que sempre foi minha base. Pois são esses dois a minha principal motivação para sempre continuar em frente.

Sou grato a minha Prof.<sup>a</sup> Amanda da Silva Lira que me deu todo o suporte para prosseguir na reta final da graduação e que com calma e paciência sanou todas as minhas dúvidas, agradeço também aos demais excelentes professores do Decat que dão show de Estatística e Ciências Atuariais.

Não posso esquecer dos meus colegas de curso que sempre apoiou e me ajudou a seguir essa jornada de longos períodos até a formação. Sem falar dos meus amigos da residência universitária, esses sim, mesmo que de forma indireta, bem indireta, me ajudaram a ver o mundo “universitário” de um jeito diferente.

Enfim, meu muitíssimo obrigado a todos!

## RESUMO

A agricultura é um dos ramos do seguro rural com bastante crescimento no Brasil, porém o mercado segurador enfrenta dificuldades em sua precificação por se tratar de uma atividade de risco de difícil mensuração por estar submetida a fenômenos climáticos adversos. Assim, o seguro agrícola se torna o ramo do seguro submetido ao maior número de riscos e à precificação mais complexa, além do mais, não possui uma teoria atuarial consolidada para os cálculos de prêmio e pagamentos esperados. Sendo assim, este trabalho propõe como alternativa para calcular e precificar o seguro agrícola através de técnicas em modelagens de Modelos Lineares Generalizados, e análise do risco relativo através de coeficiente de variação. O banco de dados utilizado foi obtido no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), referentes aos municípios produtores de milho do Estado de Sergipe no período de 2003 a 2019. Contudo, teremos a possibilidade de verificar o preço mais justo para o seguro agrícola dos produtores de milho do estado de Sergipe.

**Palavras chave:** Seguro Agrícola, Sergipe, Milho, Precificação, Risco, MLG.

## **ABSTRACT**

Agriculture is one of the branches of rural insurance with considerable growth in Brazil, but the insurance market faces difficulties in pricing because it is a risk activity that is difficult to measure because it is subject to adverse climatic phenomena. Thus, agricultural insurance becomes the branch of insurance subject to the greatest number of risks and the most complex pricing, moreover, it does not have a consolidated actuarial theory for calculating premium and expected payments. Therefore, this work proposes as an alternative to calculate and price agricultural insurance using techniques in modeling Generalized Linear Models, and analysis of the relative risk through the coefficient of variation. The database used was obtained from the IBGE Automatic Recovery System (SIDRA), referring to the corn producing municipalities of the State of Sergipe in the period from 2003 to 2019. However, we will have the possibility to verify the fairest price for the agricultural insurance of the corn producers in the state of Sergipe.

**Keywords:** Agricultural Insurance, Sergipe, Corn, Pricing, Risk, MLG.

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

<b>Figura 1:</b> Saldo comercial agrícola no ano de 1990 .....	22
<b>Figura 2:</b> Saldo comercial agrícola no ano de 2010 .....	23
<b>Figura 3.</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Normal, do município de Itabaianinha. ....	44
<b>Figura 4.</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Itabaianinha.....	45
<b>Figura 5.</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Normal, do município de Macambira.....	45
<b>Figura 6.</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Macambira. ....	46
<b>Figura 7.</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Normal, do município de Nossa Senhora da Glória.....	46
<b>Figura 8.</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Nossa Senhora da Glória. .....	47
<b>Figura 9.</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Normal, do município de Santa Rosa de Lima. .....	47
<b>Figura 10.</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Santa Rosa de Lima. .....	48
<b>Figura 11.</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Tobias Barreto.....	48
<b>Figura 12</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Normal, do município de Tomar do Geru. ...	49
<b>Figura 13.</b> Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Tomar do Geru.....	49

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Modalidades de seguro rural no âmbito do PSR com percentuais de subvenção sobre o prêmio e limites anuais de subvenção por produtor no Brasil em 2019. ....	19
<b>Tabela 1.</b> Interpretação do coeficiente de variação. ....	30
<b>Tabela 2.</b> Exemplos de distribuições pertencentes à família exponencial.....	32
<b>Tabela 3.</b> Exemplo de deviance para distribuições padrões. ....	35
<b>Tabela 4.</b> Estatística descritiva da Normalidade dos dados do rendimento médio da produção de milho (kg/ha) dos municípios de Sergipe, 2003 a 2019.....	41
<b>Tabela 5.</b> Estatísticas descritivas da produção de milho (kg/ha) nos municípios sergipanos de 2003 a 2019.....	42
<b>Tabela 6.</b> Valores do AIC para distribuição Normal e Gama e os pagamentos esperados (em reais por hectare) por unidade de área da cultura do milho para municípios Sergipanos com cobertura de 70%, 2003 a 2015. ....	43

## **LISTA DE SIGLAS**

**AIC** - Critério de Informação de Akaike

**APH** - Produção Histórica Real

**CMN** - Conselho Monetário Nacional

**CNSA** - Companhia Nacional de Seguro Agrícola

**CNSeg** - Confederação Nacional das Seguradoras

**CPR** - Cédula de Produto Rural

**CV** - Coeficiente de Variação

**DP** - Desvio Padrão

**EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Agropecuária

**EMV** - Estimador de Máximo Verossimilhança

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IRB** - Instituto de Resseguros do Brasil

**MAPA** - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

**MDA** – Ministério do Desenvolvimento Agrário

**MLG** – Modelos Lineares Generalizados

**PIB** – Produto Interno Bruto

**PROAGRO** – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária

**PSR** – Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural

**SUDENE** – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

**SUSEP** – Superintendência de Seguros Privados

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	10
2.	OBJETIVOS .....	12
2.1.	Geral.....	12
2.2.	Específicos .....	12
3.	JUSTIFICATIVA.....	13
4.	REVISÃO LITERARIA .....	15
4.1.	Seguro Rural .....	15
4.1.1.	Contexto Histórico .....	15
4.1.2.	Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural .....	19
4.1.3.	Modalidades de Seguros .....	20
4.1.4.	Seguro Agrícola no mundo .....	21
4.1.5.	Seguro Agrícola no Brasil.....	23
4.1.6.	Seguro Agrícola no Nordeste.....	24
4.2.	Cultura do Milho.....	25
4.3.	Precificação do seguro agrícola .....	26
4.4.	Quantificação do risco no seguro Agrícola.....	27
5.	METODOLOGIA .....	28
5.1.	Área de Estudo .....	28
5.2.	Base de Dados .....	28
5.3.	Métodos.....	28
5.3.1.	Análise Descritiva dos Dados .....	28
5.3.1.1.	Medidas de Posição (Tendência Central).....	28
5.3.1.2.	Medidas de Dispersão (Medidas de Variação) .....	29
5.3.2.	Coeficiente de Variação.....	29
5.3.3.	Modelos Lineares Generalizados (MLG) .....	30

5.3.3.1.	Estimações dos Parâmetros do Modelo .....	32
5.3.3.2.	Ajuste do Modelo.....	33
5.3.3.2.1.	A função desvio e estatística de Pearson generalizada .....	33
5.3.4.	Análise dos resíduos.....	35
5.3.4.1.	Resíduos .....	35
5.3.4.2.	Resíduo de Pearson .....	36
5.3.4.3.	Desvio Residual .....	36
5.3.4.4.	Resíduos Padronizados .....	37
5.3.5.	Critério de informação de Akaike – AIC .....	37
5.3.6.	Cálculo da Produção do Seguro Agrícola.....	38
5.3.7.	Análise Empírica do Seguro Agrícola .....	39
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	41
7.	CONCLUSÕES .....	50
	BIBLIOGRAFIA .....	51

## 1. INTRODUÇÃO

Agricultura é a união de técnicas aplicadas no solo para o cultivo de vegetais que são destinados à alimentação humana e animal, gêneros para a produção de fibras, energia, matéria-prima para roupas, combustível, construção, medicamentos, ferramentas, ornamentação e inúmeras outras finalidades (FREITAS, 2019). Além de tudo, a agricultura marcou o rumo da evolução da econômica mundial. Há mais de 10.000 anos, a humanidade passou a produzir alimentos em grandes quantidades, o que possibilitou a troca de mercadorias por outros gêneros que não eram produzidos por eles (RIBEIRO, 2019).

Ao decorrer dos anos, ficou cada vez mais evidente o fato de a agricultura ser uma atividade de alto risco, submetida a fenômenos climáticos adversos como seca ou chuva excessiva, pragas, doenças, estão fora do controle do homem, impossíveis de ter pleno domínio pelos produtores rurais (CARVALHO; CARNEIRO; OLIVEIRA, 2010). Muitas das vezes, os produtores apostam muito por ter esperança de uma boa safra, consequentemente, em um bom retorno financeiro, mas nem sempre é isso que acontece e muitos deles acabam perdendo tudo (CNSeg, 2011).

Tendo em vista a gravidade do risco que abrange o setor agrícola, foi criado em 11 de janeiro de 1954, a Lei do Seguro Agrário – Lei nº 2168/54, que em seu Art. 1º institui o seguro agrário destinado à preservação das colheitas e dos rebanhos contra a eventualidade de risco que lhes são peculiares na forma da presente lei (Brasil, 1954).

A sistemática do seguro é indenizar ao produtor toda vez que sua produtividade esteja em situação abaixo da produtividade garantida pela seguradora. É, basicamente, um mecanismo de compensação, quando a produtividade agrícola, em determinado período, for menor que a produtividade garantida, o produtor é indenizado no montante igual a diferença. Para ter direito a indenização, o segurado deve pagar um prêmio e seguir as condições presentes na apólice de seguro (OZAKI; DIAS, 2009).

Segundo Valente (2018), o Brasil era o terceiro maior produtor de milho do mundo. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, na sigla em inglês), as exportações brasileiras de milho devem sair de 27 milhões de toneladas, na safra 2017/2018, para 31 milhões na safra 2018/2019. O Brasil ainda conta com uma área de produção de grãos de 63 milhões de hectares na safra 2018/2019, e deve se expandir para 71 milhões até a safra 2027/2028 (JACTO, 2019).

Em 2017, Sergipe teve como principal destaque o crescimento de produção de grãos do Nordeste. O Estado registrou o maior desenvolvimento entre todas as safras de grãos da região na produção de milho, com o aumento de 462,9%. A alta em Sergipe superou o Ceará (225,5%), o Piauí (139,6%) e o Maranhão (139%). Foram registradas cerca de 840 mil toneladas de milho (INFONET, 2019).

Considerando a importância da produção de milho em Sergipe, este trabalho tem o objetivo de apresentar técnicas para minimizar os riscos e utilizar métodos estatísticos para fazer modelos de precificação para indenização dos segurados agrícolas, pagar um prêmio considerado justo pela seguradora e mapear os municípios de Sergipe tanto da média de produtividade como do risco, para que a seguradora possa trabalhar com risco diversificado e precificar adequadamente os contratos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

Este trabalho tem como objetivo incrementar alternativas de estimação das indenizações justas esperadas do seguro agrícola da produtividade da cultura de milho, por município, do Estado de Sergipe.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

Especificamente, foram traçados os seguintes objetivos:

- Identificar e classificar o grau de risco em cada município, a partir da sua média de produtividade, que possuem distribuição normal, através de desvio padrão e coeficiente de variação.
- Analisar os aspectos na modelagem de dados de produtividade agrícola, como nas análises empíricas das seguradoras;
- Estimação da indenização do seguro agrícola através Modelos Lineares Generalizados.

### 3. JUSTIFICATIVA

Em qualquer setor de atividade econômica existem riscos que variam em menor ou maior grau. No setor agrícola, além do risco de mercado, existem diversas outras fontes que a tornam uma atividade eminentemente arriscada. A principal delas refere-se ao fato de que, a atividade agrícola é altamente dependente de condições ambientais de difícil controle pelo homem, de modo que as variáveis climáticas e sua interação com fatores bióticos podem influenciar sobremaneira o resultado final da safra. Nesse sentido, em diversos países, o seguro agrícola tem se destacado como um dos principais mecanismos de gestão de risco (OZAKI; SHIROTA, 2005).

O seguro agrícola tem algumas peculiaridades que o diferenciam de outros tipos de seguro, a principal delas é a difícil precificação (SANTOS, 2011).

Uma dificuldade enfrentada pelas seguradoras brasileiras é o cálculo das taxas para o seguro agrícola, pois ainda não tem disponível uma teoria atuarial consolidada voltada para esta área. Contudo, o seguro agrícola é pouco comercializado no Brasil, se comparado com os Estados Unidos e outras localidades no mundo (SANTOS, 2011).

O seguro agrícola é o ramo do seguro submetido ao maior número de riscos e à precificação mais complexa. As seguradoras geralmente não conseguem compreender o real motivo que gerou perdas e danos à produção, tendo dificuldades também para dimensionar, com exatidão, a extensão territorial da perda (DIOGENES, 2012).

Segundo Ozaki (2007), diferentemente dos outros ramos, precificar contratos no seguro agrícola torna-se uma tarefa relativamente complicada. Primeiro, pelo fato de não existirem séries relativamente longas de produtividades municipais e muito menos de produtividade por propriedades. Segundo a metodologia deve levar em conta diversos comportamentos incomuns presentes nos dados. São elas:

- a. dificuldades de ordem amostral – neste caso o tamanho das séries históricas de produtividade é relativamente pequeno, impossibilitando a aplicação dos testes estatísticos convencionais;
- b. problemas de correlação espacial – decorre do fato de que propriedades (municípios) mais próximas apresentam maior dependência espacial em relação a propriedades (municípios) mais afastadas;
- c. correlação serial – quando a produtividade em anos anteriores está correlacionada com a produtividade no ano atual;
- d. presença de tendência – a produtividade observada em 1980, por exemplo, não pode ser comparada com a produtividade observada em 2004; e,
- e. heteroscedasticidade – é a situação em que os dados apresentam variabilidade não constante.

Vários princípios de segurabilidade são violados quando analisado os riscos do setor agrícola. Devido aos fatores complicadores, as seguradoras cobram um prêmio muito alto para cobrir riscos tão complexos, o que inviabiliza a sua contratação pela maioria dos produtores, e conseqüentemente impede a difusão massiva do seguro agrícola (DIOGENES, 2012).

Apresentado os principais problemas enfrentados no ramo do seguro agrícola fica o desafio para as seguradoras de viabilizar e difundir o seguro agrícola, que tem comportamento tão difícil de ser previsto e indenizações volumosas, com prêmios aceitáveis, considerando ainda as mudanças no clima e severidade dos eventos climáticos adversos (DIOGENES, 2012).

## **4. REVISÃO LITERÁRIA**

### **4.1. SEGURO RURAL**

#### **4.1.1. CONTEXTO HISTÓRICO**

Historicamente, uma das primeiras experiências mundiais em larga escala com o seguro agrícola formal foi observada em fins do século 19, nos EUA. Posteriormente, em outros países, o seguro agrícola também foi implantado, de modo a reduzir o risco enfrentado pelos produtores (OZAKI, 2005).

Porém, segundo o trabalho de Cheriack, 1671, citado por Caffani, 1998, os seguros foram idealizados pelos judeus em 1182 na Itália e tomaram maior vulto por ocasião das navegações italianas no século XIV. Com a teoria das probabilidades desenvolvida por Pascal em sua obra "Geometria do Espaço", em 1662, deu-se início aos cálculos de riscos.

Nos EUA o seguro rural começou a ser esquematizado em 1938, com a criação do programa Federal Crop Insurance Program (FCIP), que é administrado pelo Governo Federal com o apoio da agência de gerenciamento de risco – Risk Management Agency (RMA), além de subvencionar o prêmio do seguro a FCIP atua como ressegurador estatal. O seguro rural progrediu para um modelo público-privado, incluindo também as seguradoras privadas (OZAKI, 2005).

Os Estados Unidos, ainda, adotaram medidas adicionais, fazendo com que a área coberta por seguro agrícola em 1995 fosse a maior da história do programa, com mais de 80% de participação sobre a área elegível ao programa, tendo a modalidade Catastrophic Risk Protection (CAT) sido contratada em mais da metade da área segurada. Apesar desses resultados, as críticas dos produtores norte-americanos à obrigatoriedade e pressão por produtos de seguro mais sofisticados fizeram com que o Congresso eliminasse a compulsoriedade de cobertura pelo CAT, reduzindo substancialmente sua contratação nos anos subsequentes (GUIMARÃES; NOGUEIRA, 2009).

Em outros países o seguro agrícola também foi implantado para reduzir os riscos de produção. Por exemplo, no Japão, o seguro agrícola iniciou-se em 1939, na Índia, em 1947, no Sri Lanka, em 1958, na Suécia, em 1961, e no México, em 1964 (WRIGHT, HEWITT, 1994).

Na Espanha, o seguro rural começou a se desenvolver em 1978, com a criação do Seguro Agrário Combinado (SAC), pelo Governo Federal. É destinado à cobertura de danos constatados na produção agrícola e pecuária, assim como na exploração de florestas. Os principais fatores de sustentação do programa são: o resseguro estatal, o pool de seguradoras privadas denominado Agrupacion Espanola de Entidades. A seguradoras de los Seguros Agrários Combinados S.A. (Agroseguro), e a concessão do subsídio ao prêmio pela Entidad Estatal de Seguros Agrários (ENESA) (NEVES; MIRANDA, 2007).

O primeiro seguro Agrícola a ser comercializado no Brasil teve início no Estado de São Paulo, no final da década de 1930, por meio do Decreto N. 10.554, que regulamentou o Seguro Contra o Granizo para a lavoura algodoeira, operado em caráter obrigatório (RAMOS, 2009).

O governo federal, em 1954 sancionou a Lei n. 2.168/54, que regulamentou e estabeleceu as normas para o seguro rural no país. Entre outras atribuições, a referida Lei (OZAKI, 2008):

- i) Permitiu ao Instituto de Resseguros do Brasil (IRB) realizar os estudos pertinentes e o planejamento para a instituição do seguro rural, subscrever os riscos e estabelecer as taxas de prêmio dos seguros;
- ii) Estabeleceu a criação do Fundo de Estabilidade do Seguro Agrário, sob a administração do IRB, com o objetivo de garantir a estabilidade do mercado securitário (rural) e cobrir riscos de catástrofe; e,
- iii) Criou a Companhia Nacional de Seguro Agrícola (CNSA) com o intuito de desenvolver progressivamente operações de seguros rurais.

A CNSA teve como objetivo explorar e desenvolver, progressivamente, as operações de seguro rural, tendo em vista a conveniência do País, a análise atuarial do contrato e as suas possibilidades econômico-financeiras. Além disto, ela deveria estabelecer as condições das apólices e respectivas tarifas de prêmio de seguro agrícola aprovadas pelo Departamento Nacional de Seguros Privados e Capitalização, que seriam postas em vigor mediante portaria do Ministério da Agricultura (OZAKI, 2005).

Todas as responsabilidades que não fossem retidas pelas companhias de seguro, pelo Consórcio de Cosseguro Agrícola ou pela CNSA, seriam resseguradas no Instituto de Resseguros do Brasil (OZAKI, 2005).

Mesmo a CNSA tendo importante papel para o desenvolvimento do setor de seguros agrícolas, foi dissolvida pelo decreto Lei n. 73 de 1966 pela razão de vários fracassos cometidos, como (GÓPFERT; ROSSETI; SOUZA, 1993):

- i) Concentração dos riscos em um pequeno volume de negócios;
- ii) A obrigatoriedade do seguro;
- iii) Insuficiência de recursos operacionais;
- iv) inadequabilidade dos planos adotados;
- v) A não permissão de operar com outros seguros mais rentáveis, contribuindo assim para o equilíbrio de sua carteira;
- vi) Falta de apoio e colaboração das instituições governamentais e financeiras.

Instituiu-se então, o Sistema Nacional de Seguros Privados, pelo Decreto-Lei nº 73, de 21 de novembro de 1966 - alterado pela Lei nº 9.656/98 e Lei nº 10.190/2001, através do qual o governo federal formularia políticas de seguros privados, estabeleceria as normas gerais e fiscalizaria as operações no mercado brasileiro. O Sistema Nacional de Seguros Privados foi constituído pelos seguintes órgãos (CAFFAGNI, 1998):

- Conselho Nacional de Seguros Privados - CNSP;
- Superintendência de Seguros Privados - SUSEP;
- Instituto de Resseguros do Brasil- IRB;
- Sociedades autorizadas a operar em seguros privados;
- Corretores habilitados.

Em 1973, a Lei Federal nº 5.969 instituiu o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO), destinado a exonerar o produtor rural das obrigações financeiras relativas a operações de crédito, cuja liquidação tenha sido dificultada pela ocorrência de fenômenos naturais, pragas e doenças que atinjam bens, rebanhos e plantações. Desse modo, o PROAGRO não assegurava toda a produção, mas tão somente o valor correspondente a 80% do crédito de custeio e investimento contratado junto a agente financeiro, o que tornava um seguro de crédito, protegendo mais os agentes financeiros do que os produtores. Além disso, por se tratar de um programa de governo, não estava sujeito às demais regras do seguro rural (RAMOS, 2009).

Em 1979, a legislação do programa foi alterada, estabelecendo que o prêmio deveria ser fixado pelo Conselho Monetário Nacional e que a cobertura aumentaria para 100% sobre o crédito rural e os recursos próprios dos produtores (CAFFAGNI, 1998).

Nos primeiros 13 anos de operação, 1973 a 1987, apenas 1985 foi superavitário. O total de receitas no período chegou a US\$ 0,924 bilhão e o total de despesas alcançou US\$ 2,681 bilhões, um prejuízo de US\$ 1,756 bilhões para o Tesouro Nacional (CAFFAGNI, 1998).

Foi constituída uma comissão, em 1987, que elaborou uma nova sistemática, tornando-o mais abrangente e desvinculando-o do crédito rural. Aquele ano, muitos produtores estavam desestimulados a captar recursos de crédito rural, devido às altas taxas de juros à correção monetária. Seria oportuna a reestruturação do PROAGRO, visto que poderiam sentir-se incentivados a aplicar recursos próprios (CAFFAGNI, 1998).

Outra alteração importante ocorreu durante o Governo Collor, com a Lei Federal nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, que dispôs sobre a política agrícola, considerando como ação e instrumento de política agrícola o seguro agrícola e a apólice de seguro agrícola passa a constituir garantia nas operações de crédito rural. Incluiu no PROAGRO a indenização de recursos próprios utilizados pelo produtor em custeio rural, quando houvesse quebra de safra por ocorrência de eventos climáticos, vinculados ou não a financiamentos rurais (RAMOS, 2009).

O art. 65-A da Lei supracitada assegura ao agricultor familiar, na forma estabelecida pelo Conselho Monetário Nacional:

- i) " a exoneração de obrigações financeiras relativas à operação de crédito rural de custeio ou de parcelas de investimento, cuja liquidação seja dificultada pela ocorrência de fenômenos naturais, pragas e doenças que atinjam rebanhos e plantações;
- ii) a indenização de recursos próprios utilizados pelo produtor em custeio ou em investimento rural, quando ocorrerem perdas em virtude dos eventos citados no inciso I;
- iii) a garantia de renda mínima da produção agropecuária vinculada ao custeio rural. "

Posteriormente, o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária tornou-se inviável, pois, a quantidade total de prêmios arrecadados na grande maioria dos anos era insuficiente para cobrir os custos das indenizações, sendo necessário o auxílio de recursos do Tesouro Nacional. Além destes entraves, devido à dificuldade de fiscalização e a burocracia, várias indenizações não foram pagas (PRADO, 2012).

A Lei Federal n. 10.420, de 10 de abril de 2002, criou o Fundo Seguro-Safra, que segundo Ramos 2009, se destina a proporcionar recursos para o pagamento do benefício Seguro-Safra, com o objetivo de garantir renda mínima para os agricultores familiares da Região Nordeste, do Estado de Minas Gerais e da Região norte do Espírito Santo que registrarem frustração de safra em decorrência do fenômeno da estiagem, nos municípios onde tenha sido declarada calamidade pública ou situação de emergência, reconhecida sem ato do Governo Federal. No entanto, além de ser um seguro restrito ao agricultor familiar, para se ter direito a cobertura, tem que haver a perda de, pelo menos, 60% da lavoura, percentual não exigido por nenhum dos seguros existentes no mercado.

Em 2004 foi criado o “Proagro Mais”, seguro público destinado a atender os pequenos produtores vinculados ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) nas operações de custeio agrícola, que passou a cobrir também as parcelas de custeio rural e investimento, financiadas ou de recursos próprios, na forma estabelecida pelo CMN, conforme estabelecido pela Lei nº 12.058/2009 (PROAGRO, 2016).

Só então, a partir de 2003, que os produtores rurais brasileiros estão tendo maiores incentivos do governo federal, com a implementação do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural. Este programa visa reduzir o custo do seguro para o produtor rural, auxiliando-o com a subvenção de um percentual do valor do prêmio, incentivando e proporcionando, aos mesmos, maior estabilidade de renda. Estes incentivos proporcionaram o crescimento do setor de seguro agrícola e, conseqüentemente, surge a

necessidade de desenvolver meios para quantificar e precificar este tipo de seguro (SANTOS, 2011).

#### 4.1.2. PROGRAMA DE SUBVENÇÃO AO PRÊMIO DO SEGURO RURAL

Em 19 de dezembro de 2003, foi editada a Lei nº 10.823, que autorizou a concessão de subvenção econômica em percentual ou valor do prêmio do seguro rural para o proponente que estivesse adimplente com a união e o seguro contratado junto às sociedades seguradoras autorizadas pela SUSEP. Essa lei foi regulamentada pelo Decreto Federal nº 5.121, de 29 de junho de 2004, que dispõe sobre a subvenção econômica ao prêmio do seguro rural e institui o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural, cujas diretrizes são de promover a universalização do acesso ao seguro rural, assegurar o papel do seguro rural como instrumento para a estabilidade da renda agropecuária, e induzir o uso de tecnologias adequadas e modernizar a gestão do empreendimento agropecuário (PRADO, 2012).

De acordo com o quadro 1, o percentual de subvenção pago pelo Governo Federal varia de 30% a 40% de acordo com as prioridades da política agrícola formulada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As modalidades de seguro rural amparadas pelo PSR são agrícolas, pecuária, florestas e aquícola (MAPA, 2016).

A subvenção econômica pode ser solicitada por qualquer pessoa física ou jurídica que produza as culturas incluídas no programa, permitindo a complementação com outras subvenções concedidas por Estados e municípios. O benefício é concedido por intermédio das seguradoras contratadas pelo MAPA. A liberação de recursos não permite que o produtor já tenha cobertura do Proagro ou do Proagro Mais para a mesma lavoura e na mesma área (SILVA, 2014).

A experiência internacional mostra que, após a redução do prêmio, por meio do subsídio, houve relativo aumento da participação de produtores nos respectivos programas (GLAUBER, 2004; OZAKI e SHIROTA, 2005).

**Quadro 1.** Modalidades de seguro rural no âmbito do PSR com percentuais de subvenção sobre o prêmio e limites anuais de subvenção por produtor no Brasil em 2019.

Modalidade de Seguros	Grupos de Atividades	Tipo de Cobertura	Tipo de Produto	Nível de Cobertura	Subvenção	Limites Anuais
Agrícola	Grãos (incluindo café)	Multirrisco	Receita/Faturamento	65% - 75%	40%	R\$ 72 mil
				> 75%	35%	

Continua.

Cont. Quadro 1.

Agrícola		Multirrisco		65% - 75%	35%	
----------	--	-------------	--	-----------	-----	--

	Grãos (incluindo café)		Custeio/Produ- tividade	> 75%	30%	
		Risco Nomeado	-	-	30%	
	Frutas, Olerícolas, e Cana-de- Açúcar	-	-	-	35%	
<b>Florestas</b>	Silvicultura (florestas plantadas)			-		R\$ 24 mil
<b>Pecuário</b>	Aves, bovinos, bubalinos, caprinos, equinos, ovinos e suínos	-	-	-	35%	R\$ 24 mil
<b>Aquícola</b>	Carcinicultura, maricultura e piscicultura			-		R\$ 24 mil
<b>Valor Máximo Subvencionável</b>						<b>R\$ 144 mil</b>

Fonte: DEGER/SPA/MAPA, 2016

#### 4.1.3. MODALIDADES DE SEGUROS

Atualmente existe por definição da SUSEP (Superintendência de Seguros Privados), órgão regulatório do governo federal que controla todas as operações de seguros privados no Brasil, oito modalidades que compõem o ramo do seguro rural (TRESCA, 2018).

**Seguro Agrícola:** esta modalidade abrange as explorações agrícolas contra perdas decorrentes de fenômenos meteorológicos, doenças e pragas. Cobre basicamente a vida da planta, desde sua emergência até a colheita, contra a maioria dos riscos de origem externa, tais como, incêndio e raio, tromba d'água, ventos fortes, granizo, geada, chuvas excessivas, seca e variação excessiva de temperatura.

**Seguro Pecuário:** objetivo deste é, garantir o pagamento de indenização em caso de morte de animal destinado, exclusivamente, ao consumo, produção, cria, recria, engorda ou trabalho por tração. Os animais destinados à reprodução por monta natural, coleta de sêmen ou transferência de embriões, cuja finalidade seja, exclusivamente, o incremento e/ou melhoria de plantéis daqueles animais mencionados no parágrafo anterior, estão também enquadrados na modalidade de seguro pecuário.

**Seguro Aquícola:** a garante deste seguro é, indenização por morte de animais aquáticos (peixes, crustáceos, ...) em consequência de acidentes e doenças.

**Seguro de Benfeitorias e Produtos Agropecuários:** cobre construções, instalações ou equipamentos fixos, safras removidas do campo de colheita, produtos pecuários, veículos rurais mistos ou de carga, máquinas agrícolas e seus implementos contra os riscos de incêndio, raio, ou explosão, ventos fortes, impacto de veículo de qualquer espécie, desmoronamento, entre outras hipóteses.

**Seguro de Penhor Rural:** destinado a preservar os bens dados em garantia nas operações de crédito rural, estendendo sua proteção às benfeitorias, máquinas, veículos e implementos utilizados na atividade rural, bem como produtos agropecuários já colhidos. É operacionalizado em dois ramos distintos, a saber: Penhor Rural – instituições financeiras públicas e Penhor Rural – instituições financeiras privadas.

**Seguro de Florestas:** sua cobertura cobre os custos de reposição de florestas em formação ou de seu valor comercial, quando se tratar de florestas já formadas ou naturais, contra as perdas decorrentes de incêndio, eventos biológicos e meteorológicos.

**Seguro de Vida:** esta modalidade garante a liquidação dos financiamentos concedidos ao produtor, devedor de crédito rural, em caso de seu falecimento. O Seguro tem sua vigência limitada ao período do financiamento.

**Seguro de Cédula do Produto Rural:** Garante ao último credor titular da CPR desde que não seja o emitente ou seu avalista (Segurado) o fiel cumprimento das obrigações contratuais assumidas pelo produtor (Tomador) na cédula.

#### 4.1.4. SEGURO AGRÍCOLA NO MUNDO

Como relatado no trabalho de Barros *et al.* (2012), os Estados Unidos como marco do desenvolvimento de seguros agrícola viraram modelo referência mundial para essa modalidade. O seguro rural americano cobre não apenas a redução da produtividade, como também reduções na renda provenientes de quedas nos níveis de preços. Com a criação dos seguros de renda, os EUA passaram a ter diversos tipos de seguros ofertados.

A visibilidade que os Estado Unidos transmitem no mercado mundial de seguro agrícola é tão significativa que todos os países que possuem seguro agrícola em larga escala têm o mesmo modelo que possui os EUA que é a presença do papel do Estado. Os exemplos dos EUA e da Índia são emblemáticos nessa direção. Vale ressaltar que além deles, países como México, Espanha, Chile, Peru, Portugal, Equador, Colômbia, Uruguai, Áustria, Canadá, Paquistão, também se desenvolveram em relação ao seguro agrícola com ajuda de programas de subsídio fornecido através do Estado (BARROS *et al.*, 2012).

Segundo matéria de Anelli (2018), mais de 90% da área agricultável dos Estados Unidos conta com seguro rural. O incentivo do governo norte-americano dado às empresas para compensar riscos desconhecidos foi o que popularizou essa prática. Porém,

a experiência internacional exigiu um prazo muito longo, de algumas décadas, para quebrar a desconfiança do produtor e da companhia.

Nas figuras 1 e 2, tem-se, a importância do seguro agrícola no mundo, a partir das grandes potências mundiais produtoras de alimentos. Como pode ser visto na figura 1, no ano de 1990, o maior déficit comercial agrícola do mundo no padrão de classificação da OMC era o Japão com US\$ 47 bilhões, seguido da Europa com US\$ 34 bilhões. Coreia do sul e Oriente médio apresentavam déficits comerciais agrícolas de US\$ 7 e US\$ 6 bilhões. Surpreendentemente, naquele ano a China detinha um superávit de US\$ 2 bilhões. Brasil e Argentina eram superavitários em US\$ 7 bilhões e os EUA naquela ocasião detinham o maior saldo comercial agrícola do mundo de US\$ 19 bilhões (BARROS *et al.*, 2012).

**Figura 1:** Saldo comercial agrícola no ano de 1990



Fonte: OMC.

Passados 20 anos, conforme a figura 2, o quadro de equilíbrio entre importadores e exportadores mudou e ficou evidente a dependência dos países Asiáticos e do Oriente Médio das exportações das Américas, em especial do Brasil e da Argentina. Em 2010 o saldo comercial agrícola da China foi deficitário em US\$ 57 bilhões e o do Japão em US\$ 67 bilhões. Coreia do sul e Oriente Médio somados geram outros US\$ 64 bilhões de déficit agrícola. Fica evidente que as Américas geram os grandes superávits comerciais agrícolas do mundo, destacando-se o Brasil com US\$ 58 bilhões em 2010 segundo dados da OMC (BARROS *et al.*, 2012).

**Figura 2:** Saldo comercial agrícola no ano de 2010

Fonte: OMC.

#### 4.1.5. SEGURO AGRÍCOLA NO BRASIL

É notório o grande potencial geográfico do Brasil não só do espaço territorial, mas também da posição geográfica ao qual o país se encontra. Com cerca de 8.514.876 Km<sup>2</sup> de extensão territorial, o Brasil é quase metade da América do Sul. Todo esse privilégio natural favorece em muito a produção agrícola (FRANCISCO, 2011).

Contudo, em estudo levantado pela NASA, agência especial norte-americana, em 2017, confirmou os dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que o Brasil utiliza apenas 7,6% de seu território com lavouras, totalizando 63.994.479 hectares (LIMA, 2017).

No ano de 2009, no Brasil a área plantada segurada era de apenas 10%, o seguro agrícola era mais disseminado nas regiões Sul, onde 15,6% da área plantada era segurada, e Centro-Oeste, em que essa proporção era de 13,2%. No Sudeste, Nordeste e Norte, os percentuais de área segurada, no mesmo ano de 2009 eram de 7,4%, 2,1% e 1,5%, respectivamente (MAPA, 2009).

Recentemente, a Comissão de Seguro Rural da Federação Nacional de Seguros Gerais (FenSeg) revelou que apenas 15% da área plantada no Brasil é assegurada, número bastante inferior se comparado com os Estados Unidos, onde a abrangência é de 80% da área cultivada (REVISTA APÓLICE, 2017).

A Região Sul é a maior demandante de seguro privado, concentrando 61,21% dos produtores atendidos no ano de 2011. No total foram atendidos 40.109 produtores. Os estados do Nordeste têm uma pequena parcela na participação das demais Regiões, isso provavelmente devido ao fato de que a grande maioria dos seguros contratados no Brasil tem como objetivo a cobertura de cultura de grande valor agregado como é o caso da soja que é cultivada principalmente nos Estados do Centro Oeste e em alguns estados do Nordeste (Bahia, Tocantins e Maranhão) que são responsáveis por 75% de toda produção da oleaginosa da região que corresponde a 7,2% da produção nacional (SILVA, 2014).

#### 4.1.6. SEGURO AGRÍCOLA NO NORDESTE

A Região Nordeste do território brasileiro é composta por nove estados: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Sua extensão territorial é cerca de 1.554.257 Km<sup>2</sup>. Conforme dados do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população nordestina totaliza 53.081.950 habitantes, abrangendo cerca de 28% da população residente no Brasil. O estado da Bahia é o mais populoso com 14.016.906 habitantes; Sergipe possui a menor concentração populacional da Região com 2.068.017 habitantes (FRANCISCO, 2008).

Como exposto no trabalho de Agra e Santos, (2001) citado por JESUS (2016) A modernização agrícola concentrou-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e na monocultura de produtos exportáveis, como soja e cana-de-açúcar, deixando à margem regiões mais pobres, Norte e Nordeste, onde predominam os pequenos produtores e a policultura alimentar. A eficiência econômica dos grandes produtores nada mais é que a expressão do seu poder em obter auxílio do Estado, que atua como principal agente indutor do processo de modernização da agricultura brasileira.

A região Nordeste apresenta problemas estruturais quanto à sustentabilidade dos sistemas de produção de alimentos. Estes sistemas, aliados aos constantes efeitos negativos do clima, como as secas, dificultam sua manutenção e desenvolvimento, levando à deterioração do solo e da água, bem como à diminuição da biodiversidade de espécies e, como consequência ao meio ambiente, ao início do processo de desertificação. A pobreza da região tem como resultado uma estrutura latifundiária inadequada, assim como se apresentam deficientes o sistema de crédito agrícola, a comercialização, a assistência técnica, e o sistema educacional, somados à ocorrência periódica de seca, entre outros prejuízos (DRUMOND et al., 2000).

A agricultura praticada na região nordestina é muito variada seja com relação às culturas plantadas, seja com relação a aspectos como o nível de tecnologia empregada na produção agrícola. A cana-de-açúcar é o principal produto agrícola da região, produzido principalmente por Alagoas, seguido por Pernambuco e Paraíba. Também é importante destacar os plantios de algodão (Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte), de soja (Bahia, Maranhão), milho, tabaco (Bahia), caju, uva, manga, melão e outros frutos destinados ao consumo interno e à exportação. Nos vales do rio São Francisco (Bahia) e do Açú (Rio Grande do Norte), existe o cultivo irrigado de frutas para exportação. No sertão, predomina a agricultura de subsistência, às vezes prejudicada pelas estiagens (CASTRO, 2013).

O Garantia-Safra é uma política pública de cunho nacional importante na alocação de recursos para regiões atingidas em suas produções agrícolas por conta de períodos de estiagem, contribuindo para a atenuação da situação de miséria dos pequenos agricultores prejudicados pelas secas que habitualmente ocorrem na região Nordeste do país. O

programa atende a área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em sua totalidade, sendo o Nordeste, as mesorregiões Norte, Vale do Jequitinhonha e Vale do Mucuri, em Minas Gerais, além da mesorregião norte do Estado do Espírito Santo (ROCHA, 2013).

Instituído pela Lei federal nº 10.420/2002, o referido programa social tem o objetivo de garantir condições mínimas de sobrevivência aos agricultores familiares de Municípios sistematicamente sujeitos à perda de safra por razão do fenômeno da estiagem ou excesso hídrico, situados na área de atuação da SUDENE, consoante disposto no art. 1º do suscitado diploma legal (ROCHA, 2013).

A composição do Fundo Garantia-Safra foi definida no Artigo 6º, da Lei 10.420/2002, em que está previsto:

I- a contribuição, por adesão, do(a) agricultor(a) familiar para o Fundo Garantia-Safra não será superior a 1% do valor da previsão do benefício anual, e será fixada a cada ano pelo órgão gestor do Fundo;

II- a contribuição anual do Município será de até 3% do valor da previsão de benefícios anuais para o respectivo Município;

III- a contribuição anual do Estado deverá ser em montante de 10% do valor da previsão dos benefícios anuais, para o respectivo Estado;

IV- a União aportará anualmente, no mínimo, recursos equivalentes a 20% da previsão anual dos benefícios totais.

## **4.2. CULTURA DO MILHO**

O milho é uma espécie que pertence à família Gramineae/Poaceae, com origem no teosinto, *Zea mays*, subespécie mexicana encontrada há mais de 8000 anos e que é cultivada em muitas partes do Mundo (Estados Unidos da América, República Popular da China, Índia, Brasil, França, Indonésia, África do Sul, etc.). A sua grande adaptabilidade, representada por variados genótipos, permite o seu cultivo desde o Equador até ao limite das terras temperadas e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3600 metros, encontrando-se, assim, em climas tropicais, subtropicais e temperados. Esta planta tem como finalidade de utilização a alimentação humana e animal, devido às suas elevadas qualidades nutricionais, contendo quase todos os aminoácidos conhecidos, com exceção da lisina e do triptofano (BARROS; CALADO, 2014).

A cultura do milho destaca-se no agronegócio brasileiro como o principal cereal produzido no cenário nacional. A estimativa de produção de milho na temporada, 2019/2020, é de 102,5 milhões de toneladas, representando um acréscimo de 2,5% em relação ao exercício anterior. A terceira safra de milho, caracterizada por apresentar um

calendário produtivo semelhante ao do hemisfério norte, tem a produção estimada em 1.758,7 mil toneladas. Tendo como núcleo as lavouras da Sealba, que compreende as áreas produtoras situadas no nordeste da Bahia, Sergipe e Alagoas, e as situadas em Pernambuco e em Roraima, apresentam área de 532,2 mil hectares, aumento de 4,1% em relação à safra passada. Em Sergipe, em virtude do bom regime de chuvas, a produção será uma das maiores já alcançadas pelo estado. As lavouras estão muito bem desenvolvidas e mantêm o alto potencial produtivo (CONAB, 2020).

A força do milho no estado vem do Médio Sertão, Centro-Sul e Alto Sertão, e o grão sergipano é mais valorizado que o de Alagoas e da Bahia, por exemplo, que são estados que alcançam bons itens de produção. Isso acontece por que Sergipe produz no período de entressafra das outras localidades (GOVERNO DO ESTADO DE SERGIPE, 2016).

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), apoio oferecido pelo governo através de assistência técnica proporcionada pela Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO), e iniciativas vinculadas a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), como Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (GOVERNO DO ESTADO DE SERGIPE, 2016).

### **4.3. PRECIFICAÇÃO DO SEGURO AGRÍCOLA**

Como exposto no trabalho de Ozaki (2007), a teoria econômica mostra que, sob certas condições, um indivíduo que possui aversão ao risco prefere a situação com seguro à situação sem seguro. O seguro possibilita ao indivíduo igualar sua renda quando ocorre um evento adverso à situação em que tal evento não ocorre, mediante o pagamento de um prêmio e o recebimento de uma compensação, caso ocorra sinistro (ROTHSCHILD e STIGLITZ, 1976; ARROW, 1971).

Para que o mercado de seguro agrícola funcione de maneira adequada algumas condições devem ser observadas. Essas condições são consideradas “condições de segurabilidade”. Estes critérios são: i) perda esperada deve ser calculável; ii) as circunstâncias de uma perda devem ser bem definidas, além disso, devem ser não intencionais e acidentais; iii) deve haver um grande número de unidades expostas, homogêneas e independentes; iv) o prêmio deve ser economicamente viável; e, v) não haja perda catastrófica (BOOTH et al., 1999; HART et al., 1996; REDJA, 1995; SKEES e BARNETT, 1999; TROWBRIDGE, 1989).

A correta precificação de um contrato é essencial para a existência de um mercado de seguro agrícola. Taxas de prêmio mais altas selecionam apenas aqueles mais propensos a demandar pelo contrato, que são os indivíduos do grupo de alto risco (OZAKI, 2005).

#### **4.4. QUANTIFICAÇÃO DO RISCO NO SEGURO AGRÍCOLA**

Como explanado no trabalho de Duarte (2018) e citado por Mota (2019), ressalta que há uma grande quantidade de riscos envolvendo o setor, com destaque para eventos climáticos, incêndios, pragas, utilização incorreta de tecnologia e também os riscos envolvendo a parte financeira, como a oscilação dos preços. Além disto, os grandes problemas enfrentados pelo segmento no que tange à precariedade da infraestrutura para transporte no país, a burocracia e outros componentes que oneram os custos de produção.

O grande desafio do mercado de seguros - e o seguro agrícola é apenas um caso particular desse mercado, sofrendo dos mesmos problemas - é lidar com a gestão do risco, sobretudo analisando a frequência e as probabilidades dos sinistros, tratando o problema de forma matemática e estatística. Além disto, a determinação do prêmio também é fundamental para a maximização de lucro da firma, ressaltando também a importância de sua previsibilidade para a gestão financeira das seguradoras (MOTA, 2019; OLIVEIRA, 2005).

Esses fatores impulsionaram a criação de mecanismos e decisões para a mitigação do risco, podendo citar exemplos como a migração de culturas de uma região para outra, sistemas de irrigação (reduzir impactos de secas), melhoria das sementes e até mudanças na infraestrutura na área de produção (BUAINAIN et al. 2011).

Contudo, as seguradoras necessitam classificar os municípios, de acordo com o grau de risco, e diversificar as operações em diferentes regiões geográficas, a fim de pulverizar o risco retido. Essa estratégia permite que os sinistros ocorridos em determinadas regiões possam ser compensados por resultados positivos em outras localidades (OZAKI e DIAS, 2009).

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho abrange a área do estado de Sergipe o qual é detentor de um espaço geográfico de 21.918,50 km<sup>2</sup>, equivalente a 0,26% do território nacional. Sendo em comparação, o menor dentre os estados brasileiros, possuindo 75 municípios.

### 5.2. BASE DE DADOS

Os dados usados neste trabalho foram obtidos junto ao Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as informações desses dados são referentes aos municípios do Estado de Sergipe – Brasil, produtores da cultura do milho. A responsabilidade da coleta dos dados é do próprio IBGE. Os dados contêm a variável de rendimento médio da produção, e sua unidade de medida é quilogramas por hectare, de milho dos municípios de Sergipe, no período de 2003 a 2019.

### 5.3. MÉTODOS

Em sequência, foi verificado a normalidade dos dados, analisado o nível de risco através do coeficiente de variação (CV). Em seguida, será abordado técnicas paramétricas para os ajustes dos modelos e cálculo da precificação.

#### 5.3.1. ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

##### 5.3.1.1. MEDIDAS DE POSIÇÃO (TENDÊNCIA CENTRAL)

As medidas de posição ou tendência central tem o objetivo de representar o ponto de equilíbrio ou o centro de uma distribuição. Em muitos casos, podem ser considerados valores típicos ou representativos do conjunto (PIANA et al., 2009). As medidas mais utilizadas são a média aritmética, a mediana e a moda, embora outras também possam ser úteis em algumas situações (SANTOS, G., 2017).

- Média Aritmética: é muito utilizada no cotidiano, seu resultado se dá através da divisão do somatório dos números dados pela quantidade de números somados.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- **Mediana:** é o valor numérico que separa a metade superior de uma amostra de dados, população ou distribuição de probabilidade, em Rol ordenado de forma crescente ou decrescente, a partir da metade inferior.
- **Moda:** é o valor que detém o maior número de observações, ou seja, o valor que ocorre com maior frequência num conjunto de dados.

### 5.3.1.2. MEDIDAS DE DISPERSÃO (MEDIDAS DE VARIAÇÃO)

As medidas de dispersão, segundo Morettin e Bussab (2004) são responsáveis por mostrar a variabilidade de umas séries de valores que as medidas de posição não informam. É chamada de "desvio" a distância entre cada elemento e a medida da distribuição (JARDIM, 2013; SANTOS, G., 2017). As medidas de dispersão mais utilizadas são:

- **Variância ( $s^2$ ):** é a soma dos quadrados dividida pelo número de observações do grupo menos 1;

$$S^2 = \frac{\sum_i^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

- **Desvio padrão:** Ele mostra o quanto de dispersão existe em relação à média;

$$S = \sqrt{S^2}$$

### 5.3.2. COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

Segundo Ozaki e Dias (2009), denota-se o coeficiente de variação (cv):

$$CV_x = \left(\frac{\sigma}{\mu}\right) * 100\%$$

Tal que  $X_i$  é uma variável aleatória,  $E(X_i) = \mu$  e  $\text{Var}(X_i) = \sigma^2$ .

Ele é uma medida de risco associada à variável aleatória e relativo ao seu tamanho esperado. Definindo uma nova variável S, tal que (SANTOS, G., 2017):

$$S = \sum X_i,$$

Então,

$$E(S) = n\mu$$

e,

$$V(S) = n\sigma^2.$$

O coeficiente de variação da nova variável será dado por:

$$CV_S = \left(\frac{\sigma}{\mu}\right) (n)^{\frac{1}{2}} * 100.$$

Dessa forma, quando  $n \rightarrow \infty$ ,  $CV_S \rightarrow 0$ , supondo-se que  $\sigma$  e  $\mu$  não se alterem à medida que  $n$  aumenta.

O coeficiente de variação foi utilizado para quantificar o risco que cada município representa para as seguradoras (SCAPIM *et al.*, 1995; PIMENTEL-GOMES, 1985; SANTOS, G., 2017):

**Tabela 1.** Interpretação do coeficiente de variação.

Coeficiente de variação (CV)	
Risco baixo	Coeficiente de variação inferior a 10%
Risco médio	Coeficiente de variação entre 10 e 20%,
Risco alto	Coeficiente de variação entre 20 e 30%
Risco muito alto	Coeficiente de variação superior a 30%.

Fonte: Marcelo Rigonatto (2012).

### 5.3.3. MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (MLG)

Os modelos lineares generalizados (MLG) representam a união de modelos lineares e não-lineares com uma distribuição da família exponencial, que é formada pela distribuição normal, Poisson, binomial, gama, normal inversa e incluem modelos lineares tradicionais (erros com distribuição normal), bem como modelos logísticos (SCHMIDT, 2003; SANTOS, G., 2017).

Os MLG podem ser usados quando se tem uma única variável aleatória  $Y$  associada a um conjunto de variáveis explanatórias  $x_1 \dots x_p$ . Para uma amostra de  $n$  observações  $(y_i, x_i)$ , em que  $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$  é o vetor coluna de variáveis explanatórias, o MLG envolve os três componentes (CORDEIRO E DEMÉTRIO, 2010; SANTOS, G., 2017):

i) Componente aleatório: representado por um conjunto de variáveis aleatórias independentes  $Y_1, \dots, Y_n$  obtidas de uma mesma distribuição que faz parte da família de distribuições com médias  $\mu_1, \dots, \mu_n$ , ou seja,

$$E(Y_i) = \mu_i, i = 1, \dots, n,$$

sendo  $\phi > 0$  um parâmetro de dispersão e  $\theta_i$  o parâmetro denominado canônico.

Então, a função densidade ou de probabilidade de  $Y_i$  é expressa por

$$f(y_i, \theta_i, \phi) = \exp \{ \phi^{-1} [y_i \theta_i - b(\theta_i)] + c(y_i, \phi) \}, \quad (1)$$

ii) Componente sistemático: as variáveis explanatórias entram na forma de uma soma linear de seus efeitos

$$\eta_i = \sum_{r=1}^p x_{ir} \beta_r = x_i^t \beta \text{ ou } \eta = X\beta \quad (2)$$

sendo  $X = (x_1, \dots, x_n)^T$  a matriz do modelo,  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_p)^T$  vetor de parâmetros desconhecidos e  $\eta = (\eta_1, \dots, \eta_n)^T$  o preditor linear.

iii) Função de ligação: uma função que relaciona o componente aleatório ao componente sistemático, ou seja, vincula a média ao preditor linear, isto é,

$$\eta_i = g(\mu_i) \quad (3)$$

sendo  $g(\cdot)$  uma função monótona, derivável.

Nesses termos, um MLG é definido por uma distribuição da família (1), uma estrutura linear (2) e uma função de ligação (3).

Assim, verifica-se que para a especificação do modelo, os parâmetros  $\theta_i$  da família de distribuições (1) não são de interesse direto (pois há um para cada observação), mas sim um conjunto menor de parâmetros  $\beta_1, \dots, \beta_p$  tais que uma combinação linear dos  $\beta'_s$  seja igual à alguma função do valor esperado de  $Y_i$ . Como o parâmetro natural  $\theta_i$  é uma função parecida da média  $\mu_i$ , pode-se expressar a função de ligação em termos desse parâmetro, isto é,  $\eta_i = g(q^{-1}(\theta_i))$ .

Observe-se que na definição de um MLG por (1), (2) e (3) não existe, em geral, aditividade entre a média  $\mu$  e o erro aleatório  $\epsilon$  inerente ao experimento. Define-se no MLG uma distribuição para a variável resposta que representa as observações e na ou na distribuição para o erro aleatório  $\epsilon$ .

A família exponencial de distribuições é vasta e inclui algumas das mais importantes e conhecidas distribuições, contínuas e discretas. Algumas distribuições de probabilidade conhecidas e largamente utilizadas são muito fáceis de verificar uma

distribuição pertencente ou não a família exponencial ver formula (I) como a normal, binomial, que pertencem à família exponencial, sendo resumidas na tabela 4.

**Tabela 2.** Exemplos de distribuições pertencentes à família exponencial.

Distribuições	$b(\theta)$	$\theta$	$\phi$	$V(\pi_i)$
Normal	$\frac{\theta^2}{2}$	$\pi$	$\sigma^2$	1
Gamma	$\log(-\theta)$	$-\frac{1}{\mu}$	$-\frac{1}{(CV)^2}$	$\mu^2$

Fonte: Paula (2004)

### 5.3.3.1. ESTIMAÇÕES DOS PARÂMETROS DO MODELO

O algoritmo de estimação dos parâmetros  $\beta'_s$  foi desenvolvido por Nelder e Wedderburn (1972) e baseia-se em um método semelhante ao de Newton-Raphson, conhecido como Método Escore de Fisher. A principal diferença em relação ao modelo clássico de regressão é que as equações de máxima verossimilhança são não lineares.

Segundo Cordeiro e Lima Neto (2004), tem-se a log-verossimilhança  $l(\beta)$  como função de  $\beta$ . No método escores de Fisher utiliza-se função escore,  $S(\beta) = \frac{\partial l(\beta)}{\partial \beta}$ , e a matriz de informação de Fisher  $K = \left\{ -E \left( \frac{\partial^2 l(\beta)}{\partial \beta_1 \partial \beta_i} \right) \right\} = -E \left( \frac{\partial U(\beta)}{\partial \beta} \right)$ . A matriz de informação para  $\beta$  é dada por  $K = \frac{1}{a(\phi)} X^t W X$  onde  $W$  é uma matriz diagonal de pesos definidos por  $w_i = V_i^{-1} g(\mu_i)^{-2}$ . A função escore, usando esta matriz de pesos, é expressa como  $S(\beta) = X^t W z$ , onde  $z$  é um vetor com dimensão  $1 \times n$  dado por  $z_i = (y_i - \mu_i) \left( \frac{\partial g(\mu_i)}{\partial \mu_i} \right)$ .

Utilizando estes dois resultados, o algoritmo escore de Fisher para calcular a estimativa de máxima verossimilhança (EMV) de  $\beta$  é expresso por  $\beta^{(m+1)} = \beta^m + (X^t W^{(m)} X)^{-1} X^t W^{(m)} z^{(m)}$ .

Colocando-se  $(X^t W^{(m)} X)^{-1}$  em evidência tem-se, finalmente,  $\beta^{(m+1)} = (X^t W^{(m)} X)^{-1} X^t W^{(m)} y^{*(m)}$  onde  $y^{*(m)}$  é uma variável resposta modificada denotada por  $y^{*(m)} = X \beta^{(m)} + z^{(m)}$ .

Observa-se então que cada iteração do método escore de Fisher corresponde a uma regressão ponderada da variável dependente modificada  $y^*$  sobre a matriz modelo  $X$ ,

com matriz de pesos  $W$ . Com isso, quanto maior for a variância da observação, menor será seu peso no cálculo das estimativas dos parâmetros (SANTOS, G., 2017).

### 5.3.3.2. AJUSTE DO MODELO

Cordeiro e Lima Neto (2004) descrevem que depois de formulado o modelo, torna-se necessário estimar os parâmetros e avaliar a precisão das estimativas. Assim nos MLGs, o processo de estimação é determinado por uma medida (ou critério) de bondade de ajuste entre os dados observados e os valores ajustados gerados a partir do modelo. O processo de estimação é determinado por uma medida de bondade do ajuste entre os dados observados e os valores das estimativas dos parâmetros do modelo serão aquelas que maximizam da log-verossimilhança. Logo, as estimativas dos parâmetros podem ser obtidas através da maximização da verossimilhança ou log-verossimilhança em relação aos parâmetros, supondo-se fixo os dados observados. Se  $f_y(y; \theta, \phi)$  é a função de densidade para a observação  $y$ , dado o parâmetro  $\theta$  e supondo  $\phi$  conhecido, a log-verossimilhança expressa como função do valor esperado  $\mu = E(Y)$  é dada por  $l(\mu, y) = \log f_y(y; \theta, \phi)$ , onde,  $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)^T$ ,  $y = (y_1, \dots, y_n)^T$  (SANTOS, G., 2017).

#### 5.3.3.2.1. A FUNÇÃO DESVIO E ESTATÍSTICA DE PEARSON GENERALIZADA

As diversas medidas de discrepância ou bondade do ajuste existente é a função desvio, a qual equivale à diferença de log verossimilhança maximizada. Uma amostra de  $n$  elementos modelos podem ser constituídos com até  $n$  parâmetros. O mais fácil deles, é denominado de modelo nulo, que contém apenas um parâmetro, o qual representa a média  $\mu$ , é muito simples. Porém, o modelo saturado, os quais contêm  $n$  parâmetros, um para cada valor observado, é não informativo, porém é útil para medir a discrepância de um modelo intermediário com  $p$  parâmetros, onde  $p < n$ , se for obtida  $y = (y_1, \dots, y_n)^T$ , uma amostra aleatória com distribuição pertencente à família exponencial, ou seja, com densidade expressa pela fórmula (I) (CORDEIRO E LIMA NETO, 2004; SANTOS, G., 2017). Sejam  $\hat{\theta} = \theta(\hat{\mu})$  e  $\tilde{\theta} = \theta(y)$  as estimativas dos parâmetros canônicos para o modelo intermediário, sob investigação, e o modelo saturado, respectivamente aloca toda a variação da amostra  $n$  componente sistemática.

Sejam  $l(\hat{\theta}, \phi; y)$  e  $l(\tilde{\theta}, \phi; y)$  as respectivas funções de log verossimilhança para os modelos intermediário e saturado, dados por:

$$\hat{l}_p = l(\hat{\theta}, \phi; y) = \sum_{i=1}^n l(\hat{\theta}, \phi; y) = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{y_i \hat{\theta} - b(\hat{\theta}_i)}{a_i(\phi)} + c(y_i, \phi) \right\},$$

$$\tilde{l}_p = l(\tilde{\theta}, \phi; y) = \sum_{i=1}^n l(\tilde{\theta}, \phi; y) = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{y_i \tilde{\theta} - b(\tilde{\theta}_i)}{a_i(\phi)} + c(y_i, \phi) \right\},$$

assumindo  $a_i(\phi) = \phi$ , caso mais comum, pode-se escrever a função desvio como sendo o dobro da diferença entre a log verossimilhança do modelo intermediário para com o modelo saturado (CORDEIRO E LIMA NETO, 2004; SANTOS, G., 2017), tem-se que:

$$2(\hat{l}_n - \tilde{l}_p) = 2 \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{y_i(\tilde{\theta} - \hat{\theta}) - b(\tilde{\theta}_i) + b(\hat{\theta}_i)}{\phi} \right\} = \frac{D}{\phi}$$

Os passos principais da sua construção podem ser observados em Dobson (1990), onde a expressão final é dada por  $D = 2 \sum_{i=1}^n y_i(\tilde{\theta} - \hat{\theta}) - b(\tilde{\theta}_i) + b(\hat{\theta}_i)$  e é denominada desvio do modelo, o qual está sendo investigado. Em geral um modelo com baixo desvio é considerado significativo se  $D < X_{n-p}^2$ , onde  $n$  é o tamanho da amostra e  $p$  número de parâmetros a serem estimados. Se o valor de  $D$  for próximo do valor esperado  $n - p$  de uma distribuição  $X_{n-p}^2$ , pode ser uma indicação de que o modelo ajustado aos dados é adequado. Paula (2004) mostra que um valor pequeno para a função desvio indica que para o número menor de parâmetros, obtém-se um ajuste tão bom quanto o ajuste com o modelo saturado (SANTOS, G., 2017).

Para PAULA (2004), a função de desvio no caso gama,  $\tilde{\theta}_i = \frac{-1}{y_i}$  e  $\hat{\theta}_i = \frac{-1}{\mu_i}$ .

Assim, segue que o desvio (quando todos os valores são positivos) pode ser expresso na

$$\text{forma } D(y; \hat{\mu}) = 2 \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{-\log\left(\frac{y_i}{\hat{\mu}_i}\right) + (y_i - \hat{\mu}_i)}{\hat{\mu}_i} \right\}.$$

Se algum componente de  $y_i$  é igual a zero o desvio fica indeterminado. McCullagh e Nelder (1989) sugerem substituir  $D(y; \hat{\mu})$  nesse caso por

$$D^*(y; \hat{\mu}) = 2\phi c(y) + 2\phi \sum_{i=1}^n \log \hat{\mu}_i + 2\phi \sum_{i=1}^n y_i / \hat{\mu}_i$$

em que  $C(y)$  é uma função arbitrária, porém limitada. Podemos, por exemplo, usar

$$C(y) = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{(1+y_i)}.$$

A forma da função desvio para as principais distribuições da família exponencial são apresentadas na tabela 5.

**Tabela 3.** Exemplo de deviance para distribuições padrões.

Normal	$D = \sum_i^n (y_i - \hat{\pi}_i)^2$
Gamma	$D = 2 \sum_{i=1}^n \left[ -\log \left( \frac{y_i}{\hat{\pi}_i} \right) + \frac{y_i - \hat{\pi}_i}{\hat{\pi}_i} \right]$

Fonte: Nelder, (1989).

Além destas estatísticas, McCullagh e Nelder (1989) consideram ainda, como uma importante medida para a discrepância do modelo, a estatística do qui-quadrado de Pearson generalizada a qual é dada pela expressão,  $\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(y_i - \hat{\pi}_i)^2}{Var(\hat{\pi}_i)}$ , onde  $Var(\hat{\pi}_i)$  é a função de variância estimada para a distribuição proposta para os dados (SANTOS, G., 2017).

Segundo Cordeiro e Demétrio (2007) para distribuições não-normais, têm-se apenas resultados assintóticos para  $X_{n-p}^2$ , podendo ser usada somente como uma aproximação para a distribuição de  $X_p^2$ , que em muitos casos pode ser inadequada. Além disso  $X_p^2$  tem como desvantagem o fato de tratar os  $y_i$ 's simetricamente. Note-se que para o modelo normal  $X_p^2 = D$  (SANTOS, G., 2017).

### 5.3.4. ANÁLISE DOS RESÍDUOS

Ao ajustarmos um modelo a um conjunto de dados, uma etapa muito importante é a verificação de possíveis afastamentos das suposições do modelo, levando-se em consideração a parte aleatória e sistemática do modelo, da mesma forma que verificamos a presença de observações com alguma influência fora de padrão nos resultados do ajuste (OLIVEIRA, 2013; SANTOS, G., 2017).

Inicialmente, realizamos a análise de resíduos para detectar possíveis pontos extremos e avaliar a adequação da distribuição proposta para a variável resposta. Assim como no modelo clássico de regressão, as técnicas usadas para análise de resíduos para os modelos lineares generalizados são semelhantes, com algumas adaptações, devido à estrutura dos MLGs (OLIVEIRA, 2013; SANTOS, G., 2017).

#### 5.3.4.1. RESÍDUOS

Os resíduos da modelagem estatística têm um papel muito importante que está relacionada com a qualidade do ajuste, constituindo uma das etapas mais importantes no

processo de escolha do modelo adequado. Nos MLGs, segundo Cordeiro e Lima Neto (2006), os resíduos são usados para explorar a adequação do modelo ajustado com respeito à escolha da função de variância, da função de ligação e de termos no preditor linear. Além disso, eles também são úteis na identificação de pontos aberrantes, que poderão ser influentes ou não. Os resíduos medem discrepâncias entre os valores observados  $y_i$  e seus valores ajustados  $\hat{\mu}_i$  (SANTOS, G., 2017).

#### 5.3.4.2. RESÍDUO DE PEARSON

O resíduo de Pearson tem a seguinte expressão:

$$r_{Pi} = \frac{y_i - \hat{\mu}_i}{\sqrt{V(\hat{\mu}_i)}}$$

A desvantagem deste resíduo é que sua distribuição é, geralmente, bastante assimétrica para modelos não-normais Cordeiro e Lima Neto (2006).

#### 5.3.4.3. DESVIO RESIDUAL

O desvio é usado como uma medida de discrepância de um MLG, obtida através da diferença de log-verossimilhanças maximizadas dos modelos  $\tilde{l}_n$  e  $\hat{l}_p$  respectivamente, o saturado e o restrito.

Então, cada unidade de D contribui com certa quantidade

$$d_i = 2[l(y, y) - l(\hat{\mu}; y)],$$

abrindo a equação acima temos

$$d_i = 2(\tilde{l}_n - \hat{l}_p) = 2\lambda_i\{y_i(\tilde{\theta}_i - \hat{\theta}_i) - b(\tilde{\theta}_i) + (\hat{\theta}_i)\}$$

tal que  $\sum_{i=1}^n d_i = D(y, \hat{\mu})$  e  $\lambda = 1$  caso mais comum para as principais distribuições da família exponencial. Cordeiro e Lima Neto (2006) afirmam que dessa maneira, surge uma nova definição de resíduo, a partir das componentes  $d_i$  que formam o desvio, conhecido como Desvio Residual.

Segundo Cordeiro e Lima Neto (2006), o desvio residual é definido como

$$r_{Di} = \text{sin}(\lambda_i(y_i - \hat{\mu}_i)\sqrt{d_i})$$

ao invés de  $d_i$  pois, se existe uma transformação que venha a normalizar a distribuição do resíduo, então as raízes quadradas das componentes do desvio são resíduos que possuem as mesmas propriedades impostas por esta transformação Cordeiro e Lima Neto (2006). Desta forma, os resíduos  $r_{Di}$  podem ser considerados como variáveis aleatórias

tendo aproximadamente distribuição normal padrão e, conseqüentemente,  $r_{Di}^2 = d_i$  tem aproximadamente distribuição  $\chi_1^2$  (SANTOS, G, 2017).

#### 5.3.4.4. RESÍDUOS PADRONIZADOS

Contudo, os resíduos mais utilizados em modelos lineares generalizados são definidos a partir dos componentes da função desvio. A versão padronizada fica dada por

$$t_{Di} = \frac{d^*(y_i; \hat{\mu}_i)}{\sqrt{1 - h_{ii}}} = \frac{\phi^{\frac{1}{2}} d(y_i; \hat{\mu}_i)}{\sqrt{1 - h_{ii}}}$$

em que  $d^*(y_i; \hat{\mu}_i) = \pm\sqrt{2}\{y_i(\tilde{\theta}_i - \hat{\theta}_i) - b(\tilde{\theta}_i) + (\hat{\theta}_i)\}^{1/2}$ . O sinal de  $d(y_i, \hat{\mu}_i)$  é o mesmo de  $(y_i, \hat{\mu}_i)$ . Segundo Paula (2010), (Williams,1984) verificou através de simulações que a distribuição de  $t_{Di}$  tende a estar mais próxima da normalidade do que as distribuições dos demais resíduos (SANTOS, G, 2017).

#### 5.3.5. CRITÉRIO DE INFORMAÇÃO DE AKAIKE – AIC

O Critério de Informação de Akaike (AKAIKE, 1974) é uma medida da qualidade do ajuste de um modelo estatístico estimado. Baseia-se no conceito da desordem e provê uma medida relativa da ciência desconhecida na adoção de um determinado modelo (SANTOS, G, 2017).

De uma forma geral o AIC é dado por:

$$AIC = 2K - 2 \log(L)$$

Em que:

K é o número de parâmetros no modelo

L é o valor máximo da função de verossimilhança para o modelo estimado.

Algumas considerações devem ser feitas a respeito do AIC. Segundo (BASSO, 2009), muitos autores, como por exemplo (CELEUX E SOROMENHO, 1996), comentam que o AIC é inconsistente em ordem, e por isso, tende a superestimar a dimensão do modelo, que significa dizer que no caso de misturas, que o AIC tende a selecionar modelos com um número de componentes maior que o verdadeiro. Como o logaritmo da função de verossimilhança cresce com o aumento do número de parâmetros,

uma proposta seria encontrarmos o modelo com menor valor para a função (SANTOS, G, 2017).

### 5.3.6. CÁLCULO DA PRODUÇÃO DO SEGURO AGRÍCOLA

Por muito tempo, o cálculo da produção do seguro agrícola não levava em conta a incerteza relacionada ao cálculo da taxa, pelos métodos empregados. Diversas abordagens foram utilizadas por vários autores na busca da distribuição que melhor se ajustasse à produtividade agrícola (OZAKI, 2005; SANTOS, G, 2017).

O cálculo usado para estimar o pagamento esperado por unidade de área do seguro agrícola é o da produção histórica real - Actual Production History (APH) que era apresentado em dados de dez anos de produtividade individual, que é representado por Ozaki (2005) e Sherrick (2004) e outros autores da área, este fator é igual ao aumento anual estimado no rendimento e baseia-se nos rendimentos médios esperados (SANTOS, G, 2017).

Para Santos (2011), no cálculo da APH, se a tendência não for considerada, a perda esperada calculada será menor do que se a produtividade fosse calculada levando-se em conta a tendência, como consequência, tem-se à cobrança de taxas teóricas subestimadas (SANTOS, G, 2017).

Normalmente, a seguradora faz um pagamento de indenização a um produtor, caso observe que os rendimentos obtidos da colheita não obtivessem os valores garantidos que, variavam ente 50%, 60% e 70% de produtividade esperada, dependendo do município. Além disso, existia uma cláusula de perda mínima, ou seja, só havia pagamento da seguradora se o percentual do dano em determinada área fosse menor ou igual a 30% e poderia ser calculado usando a seguinte função (SANTOS, G, 2017):

$$Y_g = h * \bar{y}$$

Onde,

$Y_g$  = produtividade garantida

$h$  = nível de cobertura

$\bar{y}$  = produtividade comprovada

A produtividade comprovada é uma média simples do histórico das produtividades reais usando, pelo menos, os valores da produtividade de quatro anos anteriores.

Pagamentos de indenizações são acionados quando a produtividade real fica abaixo da produtividade garantida e os produtores recebem como indenização a diferença entre a produtividade garantida e a produtividade real com um preço garantido que é definido no momento do plantio pela seguradora (SANTOS, G, 2017).

Sendo assim, a indenização paga ao produtor rural quando ele contrata um seguro agrícola é dada por:

$$G = \max [0, P_g (y_g - y)]$$

O pagamento esperado por unidade de área  $E(G)$ , para o APH pode ser calculado pela expressão:

$$E(G) = \int_0^{y_g} P_g (y_g - y) f(y) dy$$

Em que  $f(y)$  é a distribuição ajustada para cada um dos municípios. Neste caso, foram utilizadas as estimativas através do MLG das distribuições normal e gama.

### 5.3.7. ANÁLISE EMPÍRICA DO SEGURO AGRÍCOLA

Em diversos trabalhos empíricos, a única informação conhecida é o momento  $t$  que é o próprio tempo. Desta forma, nestas análises a densidade condicional é baseada apenas no processo temporal gerador dos dados (OZAKI, 2005; SANTOS, G, 2017).

Para Ozaki (2005) seria interessante modelar a estrutura de medida e deixar que a precisão permanecesse constante, ao longo da análise. Gelfand et.al (1998), apontam que modelar o componente de media para problemas de previsão resultaria em maior efetividade. Esta análise é feita através de tentativas e erros, é caracterizado pelo senso comum, e cada um compreende à sua maneira (SANTOS, G, 2017).

Desse modo, para o cálculo da análise empírica neste trabalho, foi utilizado a seguinte formula:

$$E = \left[ \left( \frac{y}{1000} \right) * p_g * h \right]$$

Em que,

$y$  = produtividade real (Kg/ha)

1000 = de uma saca em toneladas

$p_g$  = Preço definido na contratação do seguro

h = nível de cobertura

Para o cálculo da produção histórica real, foi feita uma média mensal dos preços do milho de janeiro de 2003 até dezembro de 2019, considerando o indicador Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e o chegamos ao preço do milho em R\$ 48,26 por saca de 1000 toneladas.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De início, a análise deste trabalho foi verificar o comportamento dos dados do rendimento médio da produção de milho, saber dentre os 74 municípios de Sergipe quais possuem distribuição normal, como descrito na tabela 4.

O teste de normalidade adotado foi o de Shapiro-Wilk (SHAPIRO & WILK, 1965). Foi observado como hipótese nula de que **os dados provêm de uma população norma**, quando  $p\text{-valor} > 0,05$  (nível de significância  $\alpha = 5\%$ ). Logo, dos 74 municípios observados, apenas 10 deles foram considerados normais.

**Tabela 4.** Estatística descritiva da Normalidade dos dados do rendimento médio da produção de milho (kg/ha) dos municípios de Sergipe, 2003 a 2019.

Municípios	Estatística de teste	P-valor
Areia Branca	0,89979	0,1328
Divina Pastora	0,94238	0,3475
Itabaianinha	0,90462	0,0812
Macambira	0,8935	0,0529
Nossa Senhora da Glória	0,89909	0,0777
Poco Verde	0,94258	0,3501
Rosário do Catete	0,93539	0,2675
Santa Rosa de Lima	0,90274	0,0755
Tobias Barreto	0,93882	0,3045
Tomar do Geru	0,89497	0,0560

Fonte: próprio autor

Um das principais problemáticas nesses tipos de análise, tornando uma tarefa relativamente complicada. É o fato de não existirem séries relativamente longas de produtividades municipais e muito menos de produtividade por propriedades (fazendas) (OZAKI, 2007). Por conta disso, temos poucos municípios que apresentaram normalidade. Além de termos poucos dados para analisar, ainda existem municípios com dados faltantes o que influencia para que os demais municípios não tenham seguido distribuição normal.

Na tabela 5 temos a estatística descritiva do rendimento médio do milho (kg/há) nos municípios analisados de 2003 a 2019.

Nesta tabela podemos perceber que o município de menor rendimento médio de produção é o de Tobias Barreto com 600 (kg/ha). Agora, em média, Santa Rosa de Lima é o município com menor rendimento médio de produção com 844,8 kg/ha. O município de Itabaianinha se destaca com a maior produção com 6930 kg/ha e em média geral ao longo dos 16 (2003 a 2019) anos analisados 2977 kg/ha.

A variabilidade do rendimento médio do milho difere entre os municípios amostrados com desvios padrão que vão de 68,6 e 2049,1 kg/ha. Podemos perceber ainda

que, em questão de classificação do risco, a maior parte dos municípios são Muito Alto com coeficiente de variação  $CV > 30\%$  e apenas, o município de Divina Pastora é classificado como Baixo risco em seu  $CV < 10\%$ , e que em média os municípios em análise são de risco Muito Alto (40,89%).

**Tabela 5.** Estatísticas descritivas da produção de milho (kg/ha) nos municípios sergipanos de 2003 a 2019.

Município	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-Padrão	CV (%)	Classificação do risco
Areia Branca	600	1350	969,8	211,87	21,846	Alto
Divina Pastora	718	1000	846,3	68,652	8,1121	Baixo
Itabaianinha	650	6930	2977	2049,1	68,828	Muito Alto
Macambira	840	4500	2157	1207,3	55,961	Muito Alto
Nossa Senhora da Glória	990	5540	2419	1280,3	52,921	Muito Alto
Poço Verde	500	5400	2220	1336,5	60,21	Muito Alto
Rosário do Catete	667	1000	873,8	88,837	10,167	Médio
Santa Rosa de Lima	600	1037	844,8	103,34	12,233	Médio
Tobias Barreto	250	2880	1451	808,77	55,755	Muito Alto
Tomar do Geru	670	4960	2462	1547,5	62,864	Muito Alto
<b>Mínimo</b>	250	1000	844,8	68,652	8,1121	-
<b>Máximo</b>	990	6930	2977	2049,1	68,828	-
<b>Média</b>	648,5	3459,7	1722	870,22	40,89	-
<b>Desvio-Padrão</b>	195,64	2266,30	812,5	716,94	24,566	-

Fonte: próprio autor

Para a análise proposta através da MLG, foram usados todos os 10 municípios que apresentaram normalidade, porém ao aplicar os modelos normal e gama apenas 7 municípios foram significativos.

Na tabela 6 estão os valores das estimativas de pagamento por parte da seguradora em caso de indenização por unidade de área (ha), levando em conta o prêmio atuarial justo. Os valores estimados mostram a diferença entre a produtividade real e a produtividade esperada, em reais, que é previamente estabelecida em contrato com a seguradora.

Sendo assim, podemos analisar na tabela 6 que os valores empíricos são maiores que os valores gerados pelos modelos da normal e gama. Isso significa que, o segurado está recebendo uma indenização maior do que deveria, ficando a seguradora no prejuízo. É exatamente o que acontece com estes municípios da tabela 6. Observando o município de Itabaianinha o valor justo dos pagamentos esperados é de R\$ 66,26 por hectare de acordo com MLG com a distribuição gama, porém pelo modelo empírico o valor do pagamento esperado é R\$ 2.218,35. Tomar do Geru é o município que teria a indenização

maior no valor de R\$ 74,70 pelo modelo gama, enquanto, empiricamente tem indenização no valor de R\$ 1.925,57. O município de Tobias Barreto não apresentou significância no modelo normal e teve o menor valor de indenização pelo modelo gama de R\$ 26,56 e o segundo menor valor com o modelo empírico de R\$ 916,62.

**Tabela 6.** Valores do AIC para distribuição Normal e Gama e os pagamentos esperados (em reais por hectare) por unidade de área da cultura do milho para municípios Sergipanos com cobertura de 70%, 2003 a 2015.

<b>Municípios</b>	<b>Normal</b>	<b>(AIC)</b>	<b>Gama</b>	<b>(AIC)</b>	<b>Empírico</b>
Itabaianinha	39,51	303,96	66,26	<b>298.46</b>	2.218,35
Macambira	58,96	281,04	64,23	<b>277.95</b>	1.798,89
Nossa Senhora da Glória	43,58	272,37	46,31	<b>268.27</b>	1.968,74
Santa Rosa de Lima	36,11	<b>205.87</b>	38,96	206,09	476,89
Tobias Barreto	-	-	26,56	273,55	916,62
Tomar do Geru	47,28	290,11	74,70	<b>284.45</b>	1.925,57

Fonte: próprio autor. – Não apresentou significância.

Podemos observar que nos estudos de Santos, L., (2015) e Santos, G., (2017) em que eles fazem o mesmo uso de modelagem através dos MLG também chegaram na mesma conclusão de que os modelos normal e gama são melhores ajustado ao ponto de propor pagamento de indenização mais justo. É notório que, os municípios significativos entre estes autores são diferentes em sua maioria e é muito provável que a razão disso seja dada por conta da deficiência na quantidade e qualidade dos dados.

Observando este trabalho com o de Santos, L., (2015) vemos que os municípios de Areia Branca, Divina Pastora, Macambira, Ribeirópolis e Tobias Barreto são os que permaneceram com distribuição normal. Já em comparação com o trabalho de Santos, G., (2017) notamos que apenas os municípios de Itabaianinha e Rosário do Catete possuíam distribuição normal.

Também vemos nos trabalhos de SANTOS, C., (2011) e OZAKI (2005) que os valores das estimativas das indenizações são semelhantes as estimativas demonstradas aqui, eles também chegaram à conclusão que a precificação almeja um cálculo mais justo para precificação do seguro agrícola.

Como visto também no trabalho de SANTOS, C., (2011), não podemos deixar de ressaltar que, deve-se observar que neste estudo foram utilizados dados, em nível de município, logo o seguro teria os mesmos prêmios e valores estimados de indenizações para cada unidade de área, de cada fazenda, dentro do mesmo município. Este fato não permite a avaliação de diferenças entre as fazendas.

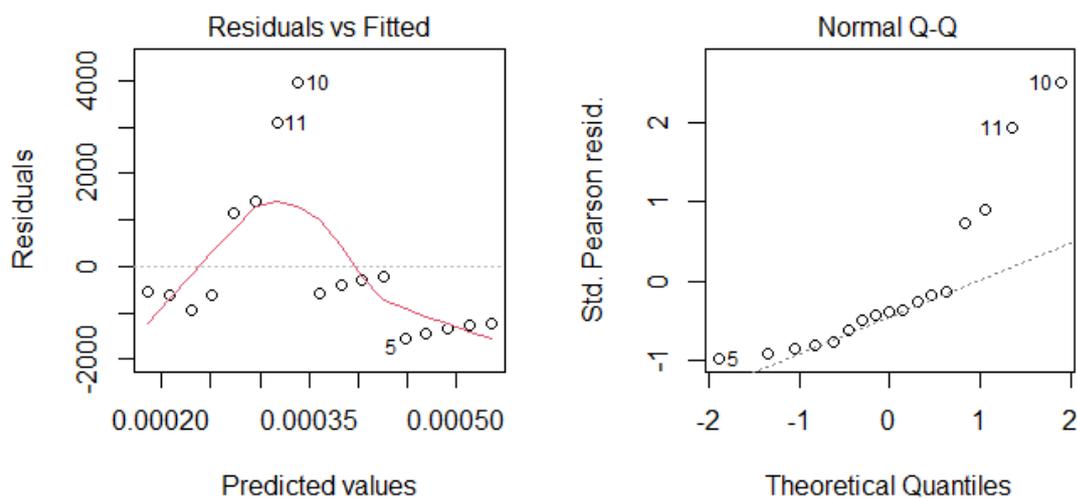
Ozaki, (2005) em seu estudo conclui que a falta de dados (suficientemente longa e precisa) de produtividade agrícola é uma das falhas para a precificação dos prêmios, acabam resultando no pagamento de indenizações em volume muito maiores que prêmios recebidos.

Posteriormente, foi feita a análise dos resíduos. Os resíduos da modelagem estatística têm um papel muito importante que está relacionada com a qualidade do ajuste, constituindo uma das etapas mais importantes no processo de escolha do modelo adequado.

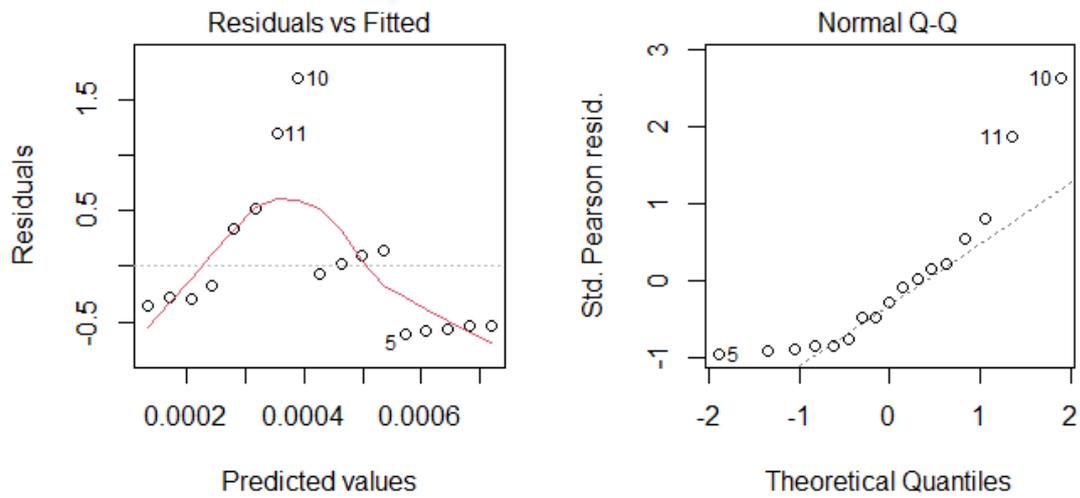
A análise de diagnóstico dos modelos estão presentes nas Figuras de 3 a 13, em que estão expostos os gráficos dos resíduos dos modelos de cada município. Neles podemos verificar os possíveis afastamentos das suposições do modelo adotados e presença de observações com alguma influência fora de padrão nos resultados do ajuste.

Assim, conseguimos ver que o município de Macambira foi o que apresentou uma variabilidade baixa dos dados, com pequenos pontos discrepantes. Os demais municípios Itabaianinha, Nossa Senhora da Glória, Santa Rosa de Lima, Tobias Barreto, Tomar do Geru apresentam muitos pontos discrepantes, com uma variabilidade dos dados altos. Nestes casos poderia ser retirando estes pontos discrepantes e os modelos poderiam apresentar maior significância. Porém, como a base de dados é pequena, foi considerado todos os dados.

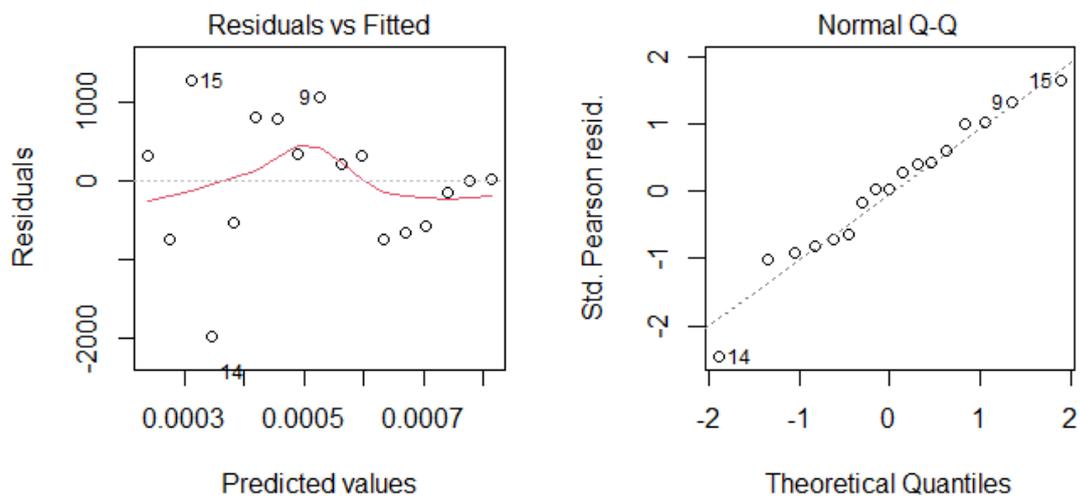
**Figura 3.** Gráfico dos resíduos, Modelo Normal, do município de Itabaianinha.



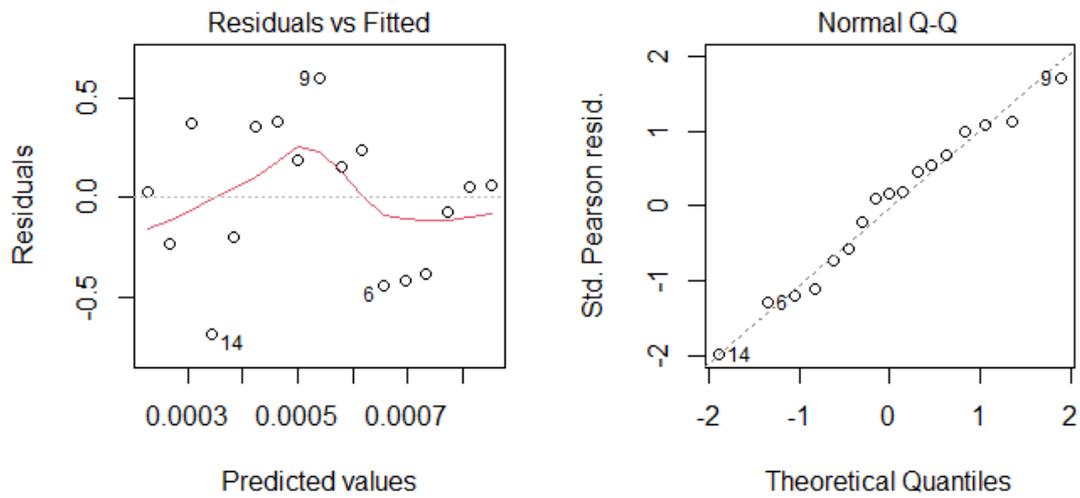
**Figura 4.** Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Itabaianinha.



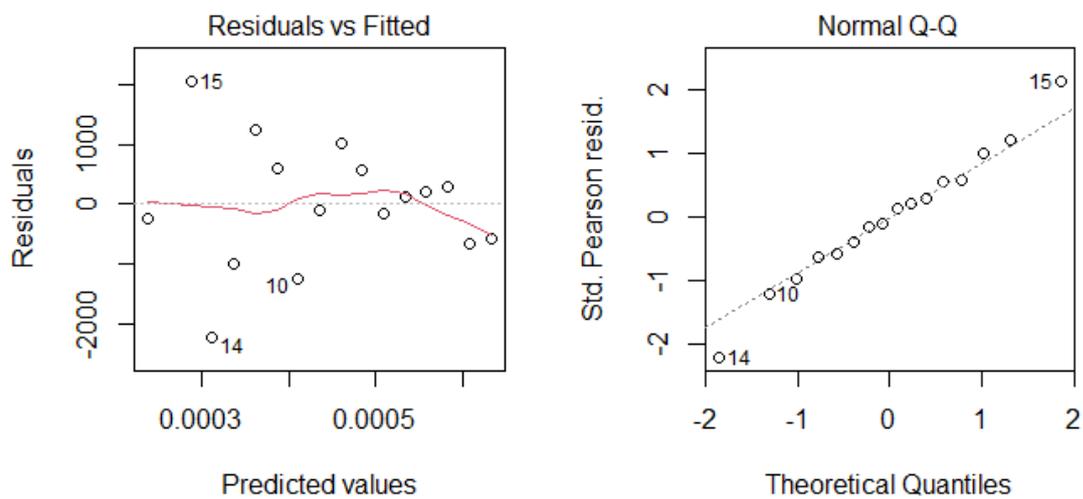
**Figura 5.** Gráfico dos resíduos, Modelo Normal, do município de Macambira.



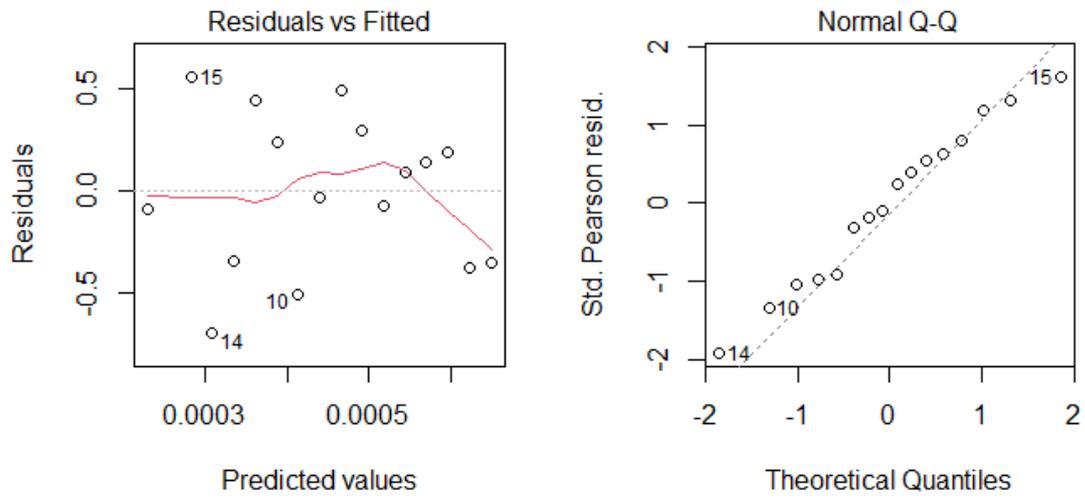
**Figura 6.** Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Macambira.



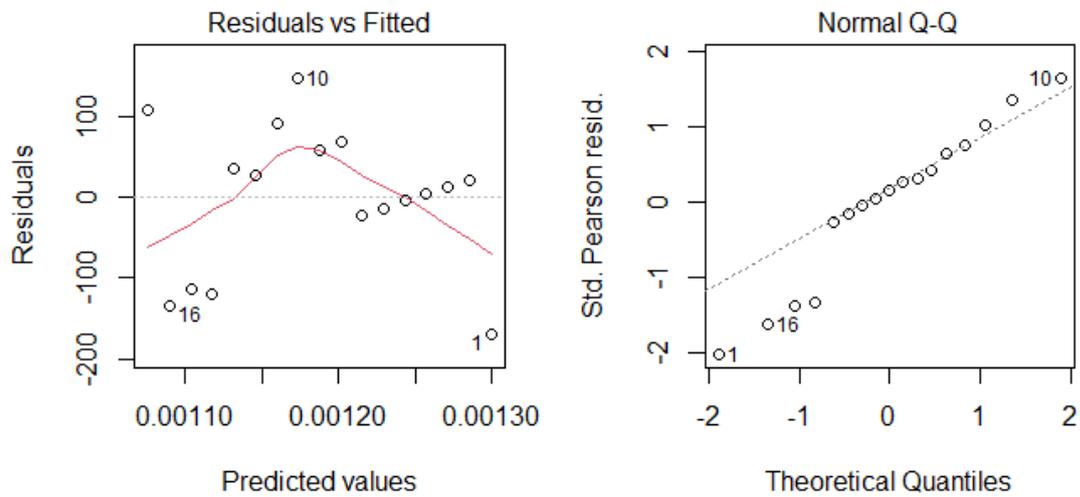
**Figura 7.** Gráfico dos resíduos, Modelo Normal, do município de Nossa Senhora da Glória.



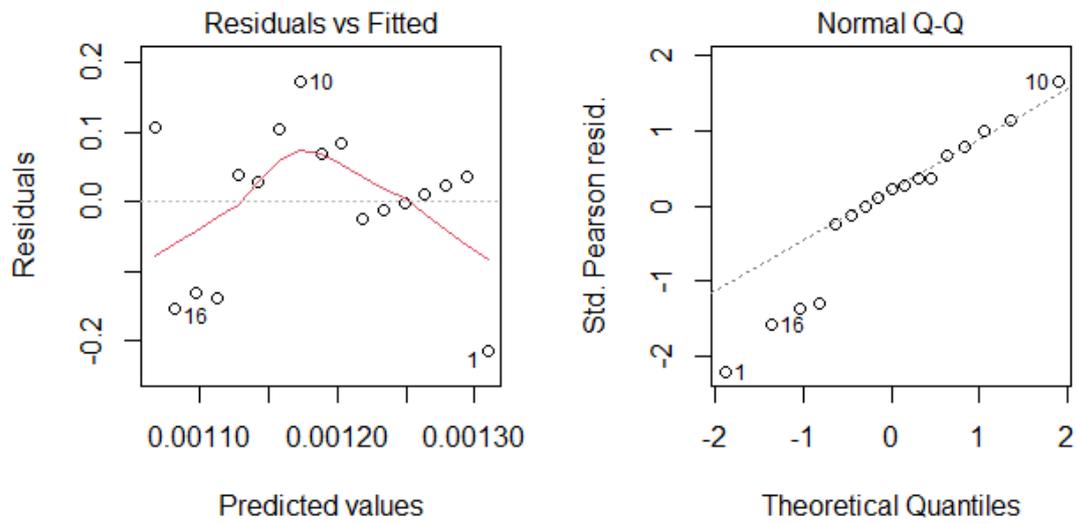
**Figura 8.** Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Nossa Senhora da Glória.



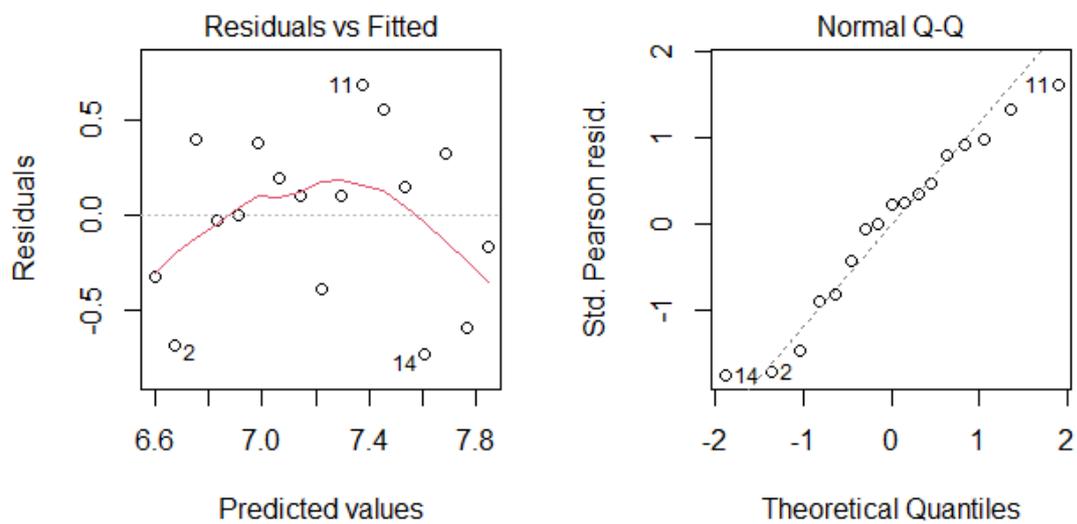
**Figura 9.** Gráfico dos resíduos, Modelo Normal, do município de Santa Rosa de Lima.



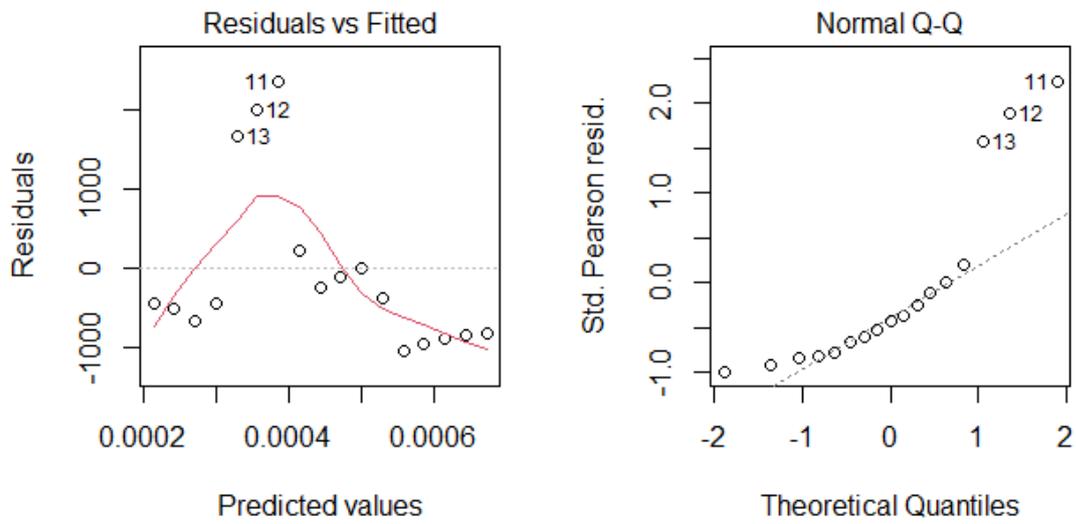
**Figura 10.** Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Santa Rosa de Lima.



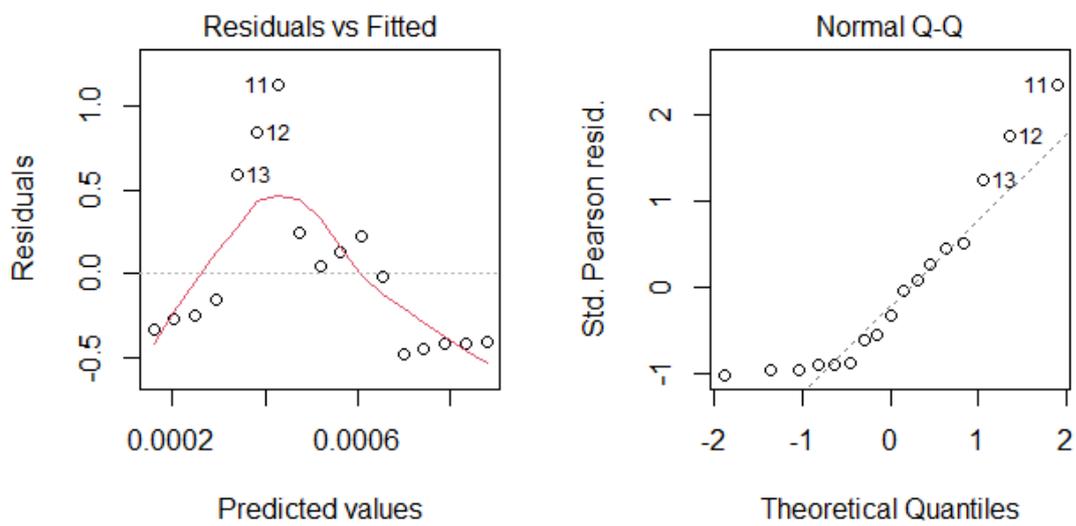
**Figura 11.** Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Tobias Barreto.



**Figura 12** Gráfico dos resíduos, Modelo Normal, do município de Tomar do Geru.



**Figura 13.** Gráfico dos resíduos, Modelo Gama, do município de Tomar do Geru.



## 7. CONCLUSÕES

Contudo, podemos ver que, através da MLG, em que, os modelos utilizados Normal e Gama tiveram bons ajuste ao ponto de propor que o modelo empírico é inconveniente para as seguradoras, uma vez que a mesma acaba tomando prejuízo por pagar indenizações maiores do que deveriam.

Os resultados seriam mais adequados, abrangendo mais municípios, se os dados das séries históricas fossem suficientemente longos e precisos. Por isso, é recomendado a continuação do estudo deste trabalho ao longo do tempo para que os métodos usados aqui possam beneficiar as seguradoras e conseqüentemente fomentar o ramo do seguro agrícola.

Este estudo também demonstrou através dos coeficientes de variação uma classificação de risco de cada município. De modo geral, para a cultura de milho em Sergipe tem um perfil de risco muito alto, o que chega a ser natural tendo em vista que o ramo de seguro agrícola é de perfil de alto risco por natureza.

## BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, E. Curso de Econometria Espacial Aplicada. ESALQ-USP: Piracicaba, 2004.

ANELLI, A. Mais de 90% das lavouras dos EUA são cobertas por seguro rural. **Canal Cultural**, Iowa (EUA), set. 2018. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/programas/informacao/rural-noticias/mais-de-90-das-lavouras-dos-eua-sao-cobertas-por-seguro-rural/>>. Acesso em: 08 fev. 2020.

ANSELIN, L. Exploratory spatial data analysis and geographic information systems. In: PAINHO, M. (Ed.) New tools for spatial analysis: proceedings of the workshop. Luxemburgo: **Euro Stat**. p.45-54. 1994.

ARROW, K. J. Essays in the theory of risk bearing. Chicago: North-Holland Publishing Company, 1971. 248p.

BRASIL, LEI No 2.168, de 11 de janeiro de 1954. Estabelece normas para instituição do seguro agrário. Disponível em [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/1950-1969/L2168.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/1950-1969/L2168.htm). Acesso em: 04 dez. 2019.

BARROS, A. M. *et al.* Seguro Agrícola no Brasil: Uma visão estratégica de sua importância para a Economia brasileira. **MBAgro** [S.l.]. 2012. Disponível em: <[http://ciflorestas.com.br/arquivos/d\\_d\\_d\\_17833.pdf](http://ciflorestas.com.br/arquivos/d_d_d_17833.pdf)>. Acesso em: 08 fev. 2020.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. A Cultura do Milho. Universidade de Évora. Mar, 2014 Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>>. Acesso em: 23 set. 2020.

BOOTH, P.; CHADBURN, R.; COOPER, D. et al. Modern actuarial theory and practice. London: Chapman & Hall/CRC, 1999. 716p.

CAFFAGNI, L. C. Seguro rural no Brasil: evolução, alternativas e sugestões. 1998. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de São Paulo, Piracicaba, 1998. doi:10.11606/D.11.2018.tde-20181127-160134. Acesso em: 2020-02-06.

CÂMARA, G.C., CRUZ, M.S., CORREA, O.G., 2004. Análise Espacial de Áreas. In: Análise Espacial de Dados Geográficos. Planaltina, Embrapa.

CARVALHO, G. R.; CARNEIRO, A. V.; OLIVEIRA, C. Seguro Rural: Fundo de Catástrofe e Seguro Rural. **Agroanalysis**, [s. L.], v. 5, n. 12, p.34-34, out. 2010. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/index>. Acesso em: 03 dez. 2019.

CNSEG, Fundo de Catástrofe para Seguro Rural. Relatório Teórico do Valor Inicial a ser aportado pelo Governo Federal, Brasil, 2011.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - SAFRA 2019/20. Décimo segundo levantamento. Set. 2020. V.: 7. N.: 12. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/monitoramento-agricola>>. Acesso em: 05 set. 2020.

CORDEIRO, G.M. e Lima Neto, E.A. (2006). Modelos Paramétricos. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Estatística e Informática.

DIOGENES, V. H. D., o seguro agrícola no contexto das mudanças climáticas. Natal/RN, 2012.

DRUMOND, M. A. *et al.* Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. Petrolina: Embrapa, 2000. (Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável).

FRANCISCO, W. C. Localização do Brasil no mundo, Brasil Escola, jun, 2011 Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/a-localizacao-brasil-no-mundo.htm>. Acesso em 26 de agosto de 2020.

FRANCISCO, W de C. "A Região Nordeste", Brasil Escola. Jan, 2008. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/a-regiao-nordeste.htm>. Acesso em 21 de setembro de 2020.

FREITAS, E. "Agricultura"; *Brasil Escola*. [S.l.]. Set., 2019. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/agricultura-5.htm>. Acesso em: 01 de dez. de 2019.

GLAUBER, J.W. Crop insurance reconsidered. *American Journal of Agricultural Economics*, v.86, n.5, p.1179-1195, 2004.

GÓPFERT, H.; ROSSETI, L.A.; SOUZA, J. Eventos generalizados e seguridade agrícola. Brasília: IPEA, 1993. 91 p.

GOVERNO DO ESTADO DE SERGIPE. IBGE prevê 770 mil toneladas de milho em Sergipe. Safra garante que não faltará milho para os festejos juninos. Aracaju. Mai. 2016. Disponível em: <<https://www.se.gov.br/noticias/Governo/ibge-preve-770-mil-toneladas-de-milho-em-sergipe>>. Acessado em: 29 de setembro de 2020.

GOODCHILD, M., ANSELIN, L., APPELBAUM, R. AND HARTHORN, B. Towards spatially integrated social science. **International Regional Science Review** 23, 139- 159. 2000.

GUIMARÃES, M. F; NOGUEIRA, J. M. A experiência norte-americana com o seguro agrícola: lições ao Brasil? RESR, Piracicaba, SP, vol. 47, nº 01, p. 27-58, jan/mar 2009.

HART. D. G; BUCHANAN, R. A.; HOWE, B.A. The actuarial practice of general insurance. 5.ed. Sydney: The Institute of Actuaries of Australia, 1996. 592p.

HAINING, R., *Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Sciences*, Cambridge University Press. 1997 **INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA**. Cartografia da pobreza. Cabo Verde. 2004.

INFONET, Safra de milho em Sergipe tem expectativa positiva para 2019. Aracaju. Jan. 2019. Disponível em: <https://infonet.com.br/noticias/economia/safra-de-milho-em-sergipe-tem-expectativa-positiva-para-2019/>. Acessado em: 16 de dez. de 2019.

FEIJOO, AMLC. Medidas de tendência central. In: A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação [online]. Rio de Janeiro: **Centro Edelstein de Pesquisas Sociais**, 2010, pp. 14-22. ISBN: 978-85-7982-048-9. Available from SciELO Books .

JACTO, Acompanhe as principais estatísticas da agricultura mundial. [S.l.]. 20 de maio de 2019. Disponível em: <https://blog.jacto.com.br/agricultura-mundial/#comment-37064>. Acesso em: 01 Dez. 2019.

JESUS, E. S. Modelagem aditiva generalizada para tarifação do seguro agrícola através da produtividade por município da cana-de-açúcar em Sergipe, São Cristóvão, SE. Nov., 2016. Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/9591>. Acesso em: 21 de set. de 2020.

LIMA, J. NASA confirma dados da Embrapa sobre área plantada no Brasil, dez, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30972114/nasa-confirma-dados-da-embrapa-sobre-area-plantada-no-brasil>.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Limites / Percentuais de Subvenção, 2017**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politicaagricola/seguro-rural/limites-percentuais-de-subvencao>>. Acesso em: 07 fev. 2020.

MOTA, A. A. L. Previsão de prêmio e a ocorrência de sinistros no mercado de seguro agrícola brasileiro. 2019. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidad de São Paulo, Piracicaba, 2019. doi:10.11606/D.11.2019.tde-19112019-181327. Acesso em: 2020-10-14.

NEVES, C. da R.; MIRANDA, E. F. de. Apoio governamental ao seguro rural: um paralelo entre a Espanha e EUA. **Revista Brasileira de Risco e Seguro**, v. 2, n. 4, p. 51-74. out./mar. 2007.

OZAKI, V. A.; Dias, C. T.S. Análise e quantificação do risco para a gestão eficiente do portfólio agrícola das seguradoras. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 47, n. 3, p. 549-567, Set. 2009. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032009000300001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032009000300001&lng=en&nrm=iso)>. access on 10 Dec. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032009000300001>.

OLIVEIRA, N. V. Mercados de Seguros: Solvência, Riscos e Eficácia Regulatória. Tese de doutorado disponível em: <http://www.ens.edu.br/publicacoes-detalhes/104>. Acesso em: 14 out. 2019.

OZAKI, V. A. Em busca de um novo paradigma para o seguro rural no Brasil. RER, Rio de Janeiro, vol. 46, nº 01, p. 097-119, jan/mar 2008. access on 10 Jan. 2020

OZAKI, V. A. Métodos atuariais aplicados à determinação da taxa de prêmio de contratos de seguro agrícola: um estudo de caso. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2005. doi:10.11606/T.11.2005.tde-11072005-160540. Acesso em: 2020-02-05.

OZAKI, V. A.; SHIROTA, R. A experiência do seguro agrícola nos EUA: evolução e performance. **Revista Brasileira de Risco e Seguro**, v.1, n.2, p.69-87, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/228462841\\_A\\_experiencia\\_do\\_seguro\\_agricola\\_nos\\_EUA\\_evolucao\\_e\\_performance](https://www.researchgate.net/publication/228462841_A_experiencia_do_seguro_agricola_nos_EUA_evolucao_e_performance). Acesso em: 13 de outubro de 2020

OZAKI, A. V. O papel do seguro na gestão do risco Agrícola e os Empecilhos para o seu Desenvolvimento. **R. Bras. Risco e Seg.**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 75-92, out./mar., 2007. Disponível em: <http://www.rbrs.com.br/arquivos/RBRS4-5%20Vitor%20Ozaki%20On%-20Line.pdf> Acesso em: 13 de outubro de 2020.

PEROBELLI, F. S.; ALMEIDA, E. S.; ALVIM, M. I. S.; FERREIRA, P. G. C. A. Análise Espacial da Produtividade do Setor Agrícola Brasileiro: 1991-2003. In: **Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**, 43, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural (SOBER), 2005. Disponível: <https://core.ac.uk/download/pdf/303958395.pdf>. Acesso em: 16 de dez. 2020

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. São Paulo: USO/ESALQ, 1985, 467P.

PRADO, V. L. S, Histórico do Seguro Rural no Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.egov.ufsc.br/portal/conteudo/hist%C3%B3rico-do-seguro-rural-no-brasil>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2020.

PROAGRO. Programa de Garantia da Atividade Agropecuária. Dezembro de 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuario/proagro>>. Acesso em 06/02/2020.

RAMOS, R. C. O Seguro Rural no Brasil: origem, evolução e proposições para aperfeiçoamento. Informações Econômicas, SP, v.39, n.3, mar. 2009.

REDJA, G. E. Principles of risk management and insurance. New Youk: Harder Collins College Publishers, 1995. 784p.

REVISTA APÓLICE. Apenas 15% da área plantada do Brasil possui seguro rural, maio, 2017 Disponível em: <https://www.revistaapolice.com.br/2017/05/apenas-15-da-area->

plantada-do-brasil-possui-seguro-rural/#:~:text=Recentemente%2C%20a%20Comiss%C3%A3o%20de%20Seguro,de%2080%25%20da%20%C3%A1rea%20cultivada--  
-. Acesso em: 25/08/2020.

RIBEIRO, A. "O que é agricultura?"; Brasil Escola. [S.l.]. Set., 2019. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-agricultura.htm>. Acesso em 01 de dezembro de 2019.

ROTHSCHILD, M.; STIGLITZ, J. Equilibrium in competitive insurance markets: an essay on the economics of imperfect information. *Quartely Journal of Economics*, v. 90, n. 4, p.629-649, nov. 1976.

SANTOS, C. O., A distribuição Skew - Normal como Modelo para a Produtividade de Milho Aplicada ao Seguro Agrícola, Larvas/MG., 2011.

SANTOS, Caroline Oliveira; SCALON, João Domingos; OZAKI, Vitor Augusto. A distribuição normal-assimétrica como modelo para produtividade de milho aplicada ao seguro agrícola. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 52, n. 4, p. 725-742, Dec. 2014. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-20032014000400006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032014000400006&lng=en&nrm=iso)>. access on 08 Feb. 2021

SANTOS, L. S. N. Método atuariais aplicados à determinação da precificação do contrato de seguro agrícola na cultura de milho no estado de Sergipe. 2015. 50 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Atuariais) - **Departamento de Estatísticas e Ciências Atuariais, Universidade Federal de Sergipe**, São Cristóvão, SE, 2015. Disponível em: <<https://ri.ufs.br>>. Acesso em: 31/01/2021

SANTOS, G. O. Caracterização da distribuição e análise espacial da produtividade de milho no estado de Sergipe: efeitos para o seguro agrícola. São Cristóvão, SE, 2017. Monografia (Bacharelado em Ciências Atuariais) - **Departamento de Estatísticas e Ciências Atuariais, Universidade Federal de Sergipe**, São Cristóvão, SE, 2017 Disponível em: <<https://ri.ufs.br>>. Acesso em: 31/01/2021

SCAPIM, C. A. *et al.* Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 683-686, maio 1995. Disponível: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4353>. Acesso em: 16 dez. 2020.

SHAPIRO, S. S.; Wilk, M. B. (1965). "An analysis of variance test for normality (complete samples)". *Biometrika*. 52 (3-4): 591-611. doi:10.1093/biomet/52.3-4.591. JSTOR 2333709. MR 0205384. p. 593. Accessed 1 Dec. 2020.

SILVA, A. M. A. Avaliação dos desafios do programa de seguro rural no nordeste brasileiro. São Cristóvão/SE. Fev. 2014.

SKEES, J. R.; BARNETT, B. J.. Conceptual and practical considerations for sharing catastrophic risks. **Review of Agricultural Economics**, v.21, n. 2, p. 424-441, 1999.

TRESCA, H. Principais modalidades do seguro rural. **Agrolink**, [s.l.], Nov. 2018. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/colunistas/principais-modalidades-do-seguro-rural\\_413249.html](https://www.agrolink.com.br/colunistas/principais-modalidades-do-seguro-rural_413249.html). Acesso em: 10, fev. 2021.

VALENTE, J. Produção e exportação de milho devem crescer na safra 2018/2019. **Empresa Brasileira de Comunicação**. Brasília. Ago. 2018. Disponível em <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-08/producao-e-exportacao-de-milho-devem-crescer-na-safra-20182019>> Acesso em: 13 dez.2019.

TROWBRIDGE, C.L. Fundamental concepts of actuarial science. Actuarial Education and Research Fund, 1989. 90p.