



Universidade Federal de Sergipe

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIENCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ESTATISTICA E CIENCIAS ATUARIAIS



Luelton da Silva Nunes Santos

**MÉTODOS ATUARIAIS APLICADOS À DETERMINAÇÃO DA
PRECIFICAÇÃO DO CONTRATO DE SEGURO AGRÍCOLA NA
CULTURA DE MILHO NO ESTADO DE SERGIPE**

São Cristóvão – SE

2015

Luelton da Silva Nunes Santos

**MÉTODOS ATUARIAIS APLICADOS À DETERMINAÇÃO DA
PRECIFICAÇÃO DO CONTRATO DE SEGURO AGRÍCOLA NA
CULTURA DE MILHO NO ESTADO 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

2015

Luelton da Silva Nunes Santos

**MÉTODOS ATUARIAIS APLICADOS À DETERMINAÇÃO DA
PRECIFICAÇÃO DO CONTRATO DE SEGURO AGRÍCOLA NA
CULTURA DE MILHO NO ESTADO 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 Ciências Atuariais.**

___ / ___ / ___

Banca Examinadora:

Prof.^a Amanda da Silva Lira

Orientadora

Prof.^a Vanessa Kelly dos Santos

1º Examinador

Prof.^a Ana Flávia Menezes Santos

2º Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, por sempre caminhar ao meu lado me dando saúde, força para essa longa jornada.

Aos meus pais, Luiz Nunes e Maria José, de onde recebi apoio incondicional, por serem o meu maior exemplo de vitória nessa vida, meu porto seguro e nunca mediram esforços para que eu chegasse até aqui. As minhas irmãs, Vagna, Vivian e Vanessa, por sempre me incentivarem nesta caminhada e acreditarem sempre no meu potencial.

A minha namorada Juliana, por ter me dado todo o apoio que necessitava nos momentos difíceis, pelo amor, carinho, paciência, cumplicidade e todo o cuidado que tem comigo, sempre me apoiando e buscando compreender.

Agradeço a minha professora orientadora Msc. Amanda Lira, que teve paciência e que me ajudou bastante a concluir este trabalho. Agradeço também aos meus professores que foram tão importantes na minha vida acadêmica.

A todos meus amigos, colegas do curso que direta ou indiretamente contribuíram para que eu atingisse esse objetivo.

Enfim, a todos meu muitíssimo obrigado!!

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo calcular e propor a precificação do contrato de seguro agrícola na cultura de milho no estado de Sergipe, através de MLG. Varias são as dificuldades das seguradoras para estabelecer uma forma correta para a precificação, pois, não existe uma teoria atuarial adequada voltada para o ramo. Nesse estudo, foram coletados dados dos anos de 1973 até o ano de 2010, nos 75 municípios do estado de Sergipe, disponível no SIDRA - Sistema IBGE de recuperação automática. Realizou o teste de Shapiro-Wilk como uma forma para verificar a normalidade dos dados. Foram realizados para o cálculo da precificação testes paramétricas através de modelos lineares generalizados e ajustados aos modelos Normal, Gama e Normal Inversa para indicar qual modelo apresenta melhor estimativa para o cálculo da precificação do seguro agrícola em Sergipe. Foi observado que o modelo Normal e o modelo Gama apresentaram melhores estimativas na maioria dos municípios.

Palavras chave: precificação, milho, Sergipe, seguro agrícola.

ABSTRACT

This study aims to calculate and propose the pricing of crop insurance contract in maize crop in the state of Sergipe, by MLG. Several are the difficulties of insurers to establish a correct way to price because there is no adequate actuarial theory facing the industry. In this study, we collected data for the years 1973 until 2010, in the 75 municipalities of the state of Sergipe, available in SIDRA - IBGE System auto recovery. He held the Shapiro-Wilk test as a way to verify the normality of the data. It was performed to calculate the pricing parametric tests using generalized linear models and models adjusted to Normal, Gamma and Inverse Normal to indicate which model presents best estimate for calculating the pricing of agricultural insurance in Sergipe. It was observed that the Normal and the Gamma model model showed better estimates in most municipalities.

Keywords: pricing, corn, Sergipe, agricultural insurance.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1	Curva de assimetria.....	28
Figura 2	Curva de curtose.....	29
Figura 3	Densidade ajustada do milho nos municípios com distribuição normal no estado de Sergipe.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Milho 1ª safra: Produtividade média, desvio padrão e coeficiente de variação da produtividade entre municípios de diferentes estados produtores.....	20
Tabela 2	Milho 2ª safra: Produtividade média, desvio padrão e coeficiente de variação da produtividade entre municípios de diferentes estados produtores.....	21
Tabela 3	Área colhida das principais culturas agrícolas temporárias do estado de Sergipe - 2000-2005.....	21
Tabela 4	Área colhida, quantidade produzida e rendimento médio das principais culturas agrícolas temporárias do estado de Sergipe - 2005.....	22
Tabela 5	Exemplos de distribuições pertencentes à família exponencial.....	32
Tabela 6	Exemplos de deviance para distribuições padrões.....	35
Tabela 7	Tabela 7. Resultado da Análise de Normalidade dos Dados da produtividade de milho (toneladas por hectare) para treze municípios de Sergipe, 1973 a 2010.....	40
Tabela 8	Tabela 8. Estatísticas Descritivas das séries originais de produtividade de milho (toneladas por hectare) para treze municípios de Sergipe, 1973 a 2010.....	41
Tabela 9	Valores dos Erros Padrão para distribuição normal, Gama e Normal-Inversa ajustadas para treze municípios de Sergipe, 1973 a 2010.....	43
Tabela 10	Valores do AIC para distribuição normal, Gama e Normal-Inversa ajustadas para treze municípios de Sergipe, 1973 a 2010.....	43
Tabela 11	Pagamentos Esperados (em reais por hectare) por unidade de área da cultura do milho para cidades de Sergipe, cobertura de 70%, 1973 a 2010.....	44

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 Maximo Verossimelhança

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	11
2.	OBJETIVOS	13
2.1.	Objetivo Geral.....	13
2.2.	Objetivos Especificos.....	13
3.	JUSTIFICATIVA	14
4.	REVISÃO LITERÁRIA	15
4.1.	Seguro Rural.....	15
4.1.1.	Contexto Histórico.....	15
4.1.2.	Modalidades.....	17
4.1.3.	Seguro Agrícola no Nordeste.....	19
4.2.	Cultura de Milho.....	19
4.3.	Precificação do Contrato de Seguro.....	22
4.3.1.	Precificação do Seguro Agrícola.....	24
5.	METODOLOGIA	25
5.1.	Análise Exploratória de Dados	25
5.1.1.	Medidas de Posição (Tendência Central).....	25
5.1.2.	Medidas de Dispersão (Medidas de Variação).....	26
5.2.	Modelos Paramétricos.....	26
5.2.1.	Teste de Normalidade.....	27
5.3.	Medidas de Formato.....	27
5.3.1.	Assimetria.....	28
5.3.1.1.	Coefficiente de Momento de Assimetria.....	29
5.3.2.	Curtose.....	29
5.3.2.1.	Coefficiente Momento de Curtose.....	30
5.4.	Modelos Lineares Generalizados (MLG).....	30
5.4.1.	Estimação dos parâmetros do Modelo.....	32
5.4.2.	Ajuste do Modelo.....	33
5.4.2.1.	A Função Desvio e Estatística de Pearson Generalizada.....	34
5.5.	Critério de Informação de Akaike - AIC.....	36
5.6.	Análise Empírica.....	37
5.7.	Calculo da Precificação do Seguro Agrícola.....	37
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
7	CONCLUSÕES	45
	BIBLIOGRAFIA	46

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, umas das principais atividades econômicas é a agricultura, pois, é através dela que grande maioria dos brasileiros retira seu sustento.

Todos os anos, milhares de agricultores preparam a terra para o plantio. Mas por ser uma atividade primária, pequenos e grandes produtores tomam serias decisões sobre o tamanho da área que plantar, pois os riscos que à envolvem como seca ou chuva excessiva, pragas, doenças, estão fora do controle do homem. Muitas das vezes, esses produtores apostam muito por ter esperança de uma boa safra, conseqüentemente, em um bom retorno financeiro, mas nem sempre é isso que acontece e muitos deles acabam perdendo tudo (CNSeg, 2011).

Foi então pensando nessas perdas que em 11 de Janeiro de 1954 foi criada a Lei do Seguro Agrário – Lei nº 2168/54 e em seu parágrafo primeiro reza o seguinte: “É instituído 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.”

Dentre estes mecanismos, o seguro permite a proteção da renda em momentos de infortúnio. Neste sentido, este mecanismo permite ao individuo igualar a renda quando ocorre um evento que cause danos econômicos à situação em que tal evento não ocorre, mediante pagamento de um premio e o recebimento de uma compensação, caso ocorra o sinistro (OZAKI, 2005).

A agricultura é notadamente uma atividade que apresenta grau elevado de risco, e como condutor das políticas públicas, o governo federal necessita direcionar esforços na elaboração de uma base de dados unificada, com informações relevantes e com o nível de precisão exigido pelo mercado segurador. Caso esse problema não seja solucionado, dificilmente o seguro rural será massificado em boa parte do território brasileiro. Como exemplo existe o risco de retornar ao período pré-lei nº 10.823, em que havia apenas algumas seguradoras operando no ramo rural, com cobertura limitada e abrangência restrita (OZAKI, 2011).

Por ser rentável economicamente, o milho ganhou nos últimos anos importância em Sergipe, ainda que tenha sido cultivado até recentemente como uma cultura de subsistência. Com os avanços tecnológicos no processo de produção tornou-se uma das principais fontes de renda agrícola na região Centro-Oeste Sergipana (SANTOS, 2012).

De acordo com que foi exposto, este trabalho tem como foco a variabilidade da colheita de milho no estado de Sergipe em razão da área plantada.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo realizar o cálculo da precificação do seguro agrícola através de modelagem por distribuições, refletindo assim uma melhora no valor do seguro, uma vez que o modelo empírico é bastante tendencioso.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral calcular a precificação do contrato de seguro agrícola na cultura de milho no estado de Sergipe e realizar comparação de distribuições paramétricas através de modelos lineares generalizados para indicar qual modelo apresenta melhor estimativa do seguro agrícola em Sergipe.

2.2 ESPECÍFICOS

- Fazer um levantamento dos dados da área colhida (hectare) e da produção (em tonelada) dos municípios Sergipanos, no período de 1973 a 2010;
- Realizar testes estatísticos e identificar a normalidade dos dados;
- Verificar as distribuições paramétricas e modelar os dados através do Modelo Linear Generalizado – MLG;
- Comparar os resultados dos modelos aplicados através do MLG e verificar qual o melhor modelo para precificação do seguro agrícola;

3 JUSTIFICATIVA

Ultimamente, a contratação de seguros rurais no Brasil vem crescendo constantemente. Por se tratar de um setor que é acometido por diferentes elementos de risco sejam eles climáticos, biológicos ou de variação de preços, hoje, torna-se inviável um produtor rural plantar sem se ter uma segurança real do que fora investido. No Brasil, o Ministério da Agricultura, dentro de sua política agrícola, entende que proteger-se de riscos causados por adversidades climáticas é imprescindível para o produtor que, ao contratar o seguro rural, pode recuperar o capital investido em sua lavoura ou empreendimento (BEZERRA, 2013).

O seguro agrícola é um dispositivo que pode ser usado pelo agricultor para estabilizar seu rendimento contra perdas parciais ou totais, na medida em que essa perda é causada por condições climáticas adversas, que estão fora do controle do produtor (SOUSA, 2010).

Diversos são os fatores que contribuem para a precificação do seguro agrícola. Infelizmente, as tímidas e ilimitadas experiências do seguro rural no Brasil resultaram em vultosos déficits, acumulados no decorrer dos anos. Uso de metodologia inadequada, falta de dados confiáveis de produtividade agrícola acaba resultando no pagamento de indenizações em volume muito maiores do que prêmios recebidos (OZAKI, 2005).

Por ser bastante complexo, para o seguro agrícola não existe fórmula específica para o cálculo da precificação, devido a condições climáticas, riscos diversos dificultam estabelecer um padrão médio de ocorrências.

Atualmente, as seguradoras adotam alguns parâmetros para tal precificação como: tipo de cultura, produtividade estimada, condições de manejo da lavoura, entre outros. As taxas de prêmio são diferenciadas por município e baseiam-se no histórico de perdas da região por fenômenos climáticos adversos e na faixa de produtividade segurada pelo produtor que pode variar entre 50%, 60% e 70% de produtividade esperada, dependendo do município. Nos locais em que há maior risco climático, há apenas a opção de 50% (TUDOSOBRESEGUROS, 2013).

Estas foram os reais motivos que nos levaram a refletir sobre possibilidade da realização deste trabalho, através do qual tentaremos analisar de forma mais detalhada através de um banco de dados, qual modelo apresenta melhor estimativa do seguro agrícola em Sergipe.

4. REVISÃO LITERARIA

4.1 SEGURO RURAL

4.1.1 Contexto Histórico

O surgimento do seguro agrícola deu-se no fim do Século 19, nos Estados Unidos. Mais precisamente, ocorreu na região de Minneapolis, em 1899. Posteriormente, o seguro agrícola também foi implantado em outros países, de modo a reduzir o risco enfrentado pelos produtores. De início, havia apenas seguros cobrindo riscos específicos como, por exemplo, a queda de granizo (OZAKI, 2005).

No Brasil, o seguro rural surgiu na década de 30, quando o Estado de São Paulo, em outubro de 1939, através do decreto nº 10.554 de 04 de outubro de 1939 que regula a forma de escrituração das importâncias correspondentes à venda de sementes de algodão aos lavradores, no presente exercício, e das outras providências (PRADO, 2012).

O art. 6º e 7º do Decreto supracitado assegura ao agricultor a proteção de sua lavoura em caso de chuvas de pedra:

"Art. 6º. Os recibos emitidos pelo Serviço Científico do Algodão do Instituto Agrônômico do Estado, correspondentes à venda de sementes, equivalem a um certificado de seguro contra o granizo, cobrindo os prejuízos que se verificarem até o limite máximo de \$500000 (quinhentos mil réis) por alqueire, quando a chuva de pedra ocasionar um prejuízo total da lavoura; quando danificada em parte, o cálculo e a indenização serão feitos percentualmente, de acordo com o dano verificado".

"Art. 7º. O agricultor que tiver a sua lavoura prejudicada por chuva de pedra, deverá solicitar vistoria dirigindo-se ao Posto de Expurgo de Sementes de Algodão mais próximo ou à Prefeitura do Município, por escrito, dando o número do recibo de compra da semente, até dois dias depois do sinistro".

Em meados da década de 50, o governo Federal criou o CNSA (Companhia Nacional de Seguro Agrícola) que, apesar dos esforços não durou muito tempo. Seu fracasso se deu, antes de tudo, ao fato de não ter conseguido disseminar o Seguro Rural facultativo e realizá-lo em escala mínima para a sua exploração econômica, assim como pela circunstância de lhe haver sido vedada a operação de outros ramos de seguros mais rentáveis, que contribuíssem para o equilíbrio de sua carteira, tendo suas atividades encerradas em 1966 (PRADO, 2012).

Neste período, o governo Federal sancionou a Lei nº 2.168 de 11 de janeiro de 1954, que regulamentou e estabeleceu as normas para o seguro rural no país. Entre outras atribuições, a referida Lei: 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 (OZAKI, 2008).

Já na década de 60, regulamenta o Decreto-Lei nº 73, de 21 de novembro de 1966, com as modificações introduzidas pelos Decretos-Lei nº 168, de 14 de fevereiro de 1967, e nº 296, de 28 de fevereiro de 1967, que em seu Art. 1º assim dizia:

"Fica aprovado o anexo Regulamento do Decreto-Lei nº 73, de 21 de novembro de 1966, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Seguros Privados, regula as operações de seguros Privados, regula as operações e seguros e resseguros e dá outras providências, com as modificações feitas pelos Decretos-Lei nº 168, de 14 de fevereiro de 1967 e nº 296, de 28 de fevereiro de 1967, assinado pelo Ministro da Indústria e do Comércio".

Na década de 70, com a necessidade de criação de um projeto que desse garantia as atividades agropecuárias, o Governo Federal, através da Lei nº 5969 de 11 de dezembro de 1973, criou o PROAGRO (Programa de Garantia da Atividade Agropecuária), administrado pelo Banco Central do Brasil, que tinha como principais atributos a formulação e o aperfeiçoamento das normas, a fiscalização, a movimentação dos recursos e a análise dos pedidos de reconsideração (OZAKI, 2005), que em seu Art. 1º assim dizia:

"É instituído o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária – PROAGRO, destinado a exonerar o produtor rural, na forma que for estabelecida pelo Conselho Monetário Nacional, de obrigações financeiras relativas a operações de crédito, cuja liquidação seja dificultada pela ocorrência de fenômenos naturais, pragas e doenças que atinjam bens, rebanhos e plantações."

O PROAGRO teve um importante papel nas décadas de 70 e 80, pois fornecia garantia bancárias à operacionalização do crédito (PRADO, 2012).

De acordo com o Art. 4º da Lei 5969/73, o PROAGRO cobrirá até cem por cento do financiamento de custeio ou investimento concedido por instituição financeira, e a parcela de recursos próprios de produtor, prevista no instrumento de crédito, segundo critérios a serem aprovados pelo Conselho Monetário Nacional, (BRASIL, 1973).

Com o passar dos anos o PROAGRO tornou-se inviável, pois, o volume 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).

Na década de 90, com o intuito de se criar um programa mais eficiente, através da Lei nº 8171 de 17 de janeiro de 1991, regulamentada pelo Decreto nº 175, de 10 de julho de 1991, e pela Resolução nº 1855, de 14 de agosto de 1991, o PROAGRO foi reformulado, entrando em vigor uma nova fase, o "PROAGRO NOVO" (OZAKI, 2011).

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 a 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. "

De fato, o PROAGRO NOVO tinha como principal objetivo tornar o programa auto-sustentável e mais eficiente.

Um outro marco importante no âmbito rural ocorreu em 29 de junho de 2004, através do Decreto nº 5121, onde, fica instituído o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural, com o objetivo de implementar a subvenção ao prêmio do seguro rural, respeitadas as normas de seguros do Conselho Nacional de Seguros Privados - CNSP. Suas diretrizes conforme dispõe o Artigo 3º do supracitado Decreto são:

i) "promover a universalização do acesso ao seguro rural;

ii) assegurar o papel do seguro rural como instrumento para a estabilidade da renda agropecuária; e,

iii) induzir o uso de tecnologias adequadas e modernizar a gestão do empreendimento agropecuário."

4.1.2 Modalidades

Segundo a Superintendência de Seguros Privados - SUSEP, o seguro rural compreende as seguintes modalidades:

Seguro Agrícola: Este seguro cobre as explorações agrícolas contra perdas decorrentes principalmente de fenômenos meteorológicos. 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: Este seguro tem por objetivo 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: Este seguro garante indenização por morte e/ou outros riscos inerentes à animais aquáticos (peixes, crustáceos, ...) em consequência de acidentes e doenças.

Seguro de Benefícios e Produtos Agropecuários: Este seguro tem por objetivo cobrir perdas e/ou danos causados aos bens, diretamente relacionados às atividades agrícola, pecuária, aquícola ou florestal, que não tenham sido oferecidos em garantia de operações de crédito rural.

Seguro de Penhor Rural: O Seguro de Penhor Rural tem por objetivo cobrir perdas e/ou danos causados aos bens, diretamente relacionados às atividades agrícola, pecuária, aquícola ou florestal, que tenham sido oferecidos em garantia de operações de crédito rural.

Seguro de Florestas: Este seguro tem o objetivo de garantir pagamento de indenização pelos prejuízos causados nas florestas seguradas, identificadas e caracterizadas na apólice, desde que tenham decorrido diretamente de um ou mais riscos cobertos.

Seguro de Vida: Este seguro é destinado ao produtor rural, devedor de crédito rural, e terá sua vigência limitada ao período de financiamento, sendo que o beneficiário será o agente financiador.

Seguro de Cédula do Produto Rural - CPR: O seguro de CPR tem por objetivo garantir ao segurado o pagamento de indenização, na hipótese de comprovada falta de cumprimento, por parte do tomador, de obrigações estabelecidas na CPR.

4.1.3 Seguro Agrícola no Nordeste

A área do Nordeste brasileiro é de 1 554 291,744 km², equivalente a 18% do território nacional. É a região brasileira que possui o maior número de estados (nove no total): Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe. No ano de 2014, quando a economia brasileira encontrava-se estagnada, o Produto Interno do Brasil cresceu somente 0,1%, enquanto no Nordeste teve um crescimento de 3,7% (IBGE, 2014).

Criado pela Lei nº 10.420, de 10 de abril de 2002, surgiu o Fundo Garantia-Safra, de natureza financeira, vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Agrário, e instituído o Benefício Garantia-Safra, com o objetivo de garantir condições mínimas de sobrevivência aos agricultores familiares de Municípios sistematicamente sujeitos a perda de safra por razão do fenômeno da estiagem ou excesso hídrico, situados na área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE. (BRASIL, 2002).

Para ter direito ao benefício do Garantia-Safra, é necessário que os estados, municípios e agricultores façam adesão do programa anualmente, inclusive, pagamento por parte do agricultor do boleto bancário de adesão ao programa e, respeitando as condições:

- i) Não ter renda familiar mensal superior a 1,5 (um e meio) salário mínimo;
- ii) Efetuar a adesão antes do plantio e não deter área superior a 4 módulos fiscais;
- iii) A área total a ser plantada deve ser de, no mínimo, 0,6 hectares e, no máximo, 5 hectares e;
- iv) Constatação de perda de pelo menos, 50% do conjunto da produção de culturas protegidas pela Garantia-Safra devido a seca ou excesso de chuva;

4.2 Cultura de Milho

O milho, provavelmente, é a mais importante planta comercial, por ser uma importante fonte de energia para o homem. Há indicações de que sua origem tenha sido no México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos. É uma das culturas mais antigas do mundo, havendo provas, através de escavações arqueológicas e geológicas, e

através de medições por desintegração radioativa, de que é cultivado há pelo menos 5.000 anos. Logo depois do descobrimento da América, foi levado para a Europa, onde era cultivado em jardins, até que seu valor alimentício tornou-se conhecido. Passou, então, a ser plantado em escala comercial e espalhou-se desde a latitude de 58° norte (União Soviética) até 40° sul (Argentina) (NUNES, 2009).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, totalizando 53,2 milhões de toneladas na safra 2009/2010. A primeira idéia é o cultivo do grão para atender ao consumo na mesa dos brasileiros, mas essa é a parte menor da produção. O principal destino da safra são as indústrias de rações para animais (MAPA, 2012).

Nesse contexto, o milho é cultivado em duas safras, a normal (1ª safra) e safrinha (2ª safra). Por suas características fisiológicas, a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já tendo sido obtida no Brasil produtividade superior a 16 toneladas por hectare -1, em concursos de produtividade de milho conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de semente (EMBRAPA, 2010).

Os principais produtores de milho na primeira safra são (tabela 1): Paraná, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Goiás e Bahia, que, juntos somam 88% da produção. Na segunda safra, Mato Grosso e Paraná são os dois maiores produtores de milho safrinha, com 67% da produção (MBAgro, 2012).

Tabela 1. Milho 1ª Safra: Produtividade média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação da produtividade entre municípios de diferentes Estados produtores.

Estado	Produtividade Média (Kg/ha)				DP da Produtividade (kg/ha)				CV da produtividade (%)			
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010
Bahia	2.875	3.569	3.866	4.174	1.521	1.613	1.702	1.807	52,9	45,2	44,00	43,3
Minas Gerais	4.650	5.003	5.096	5.188	1.569	1.628	1.659	1.849	33,70	32,50	32,60	35,60
Paraná	6.601	6.988	4.827	7.559	1.783	1.888	1.763	1.461	27,00	27,00	36,50	19,30
Santa Catarina	5.463	5.713	5.003	6.276	1.641	1.624	1.544	1.937	30,00	28,40	30,90	30,90
Rio Grande do Sul	4.378	3.811	3.175	4.905	1.602	1.597	1.620	1.887	36,60	41,90	51,00	38,50
Goiás	5.497	5.959	6.040	6.089	1.538	1.677	1.694	1.796	28,00	28,10	28,10	29,50

Fonte: IBGE elaboração MBAgro

Na segunda safra, por ser plantado no final da época recomendada, o milho tem sua produtividade bastante afetada, por estar mais sujeita as adversidades climáticas, a safrinha apresenta alto desvio da produtividade (tabela 2).

Tabela2. Milho 2ª Safra: Produtividade média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação da produtividade entre municípios de diferentes Estados produtores

Estado	Produtividade Média (Kg/ha)				DP da Produtividade (kg/ha)				CV da produtividade (%)			
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010
MATO GROSSO	3.957	4.239	4.965	4.070	956	1.000	1.341	2.432	24,2	23,6	27,0	59,8
PARANÁ	3.896	3.855	3.360	4.990	973	844	1.206	2.173	25,0	21,9	35,9	43,6
MATO GROSSO DO SUL	3.141	3.506	2.238	4.169	1.112	819	1.232	1.785	35,4	23,3	55,0	42,8
GOIÁS	4.012	4.878	4.736	5.018	1.558	1.300	1.490	1.452	38,8	26,7	31,5	28,9

Fonte: IBGE elaboração MBAgro

Vários são os fatores que influenciam na produção do milho, podemos destacar o principal como sendo a falta de chuva ou, o excesso da mesma. Assim, os produtores devem sempre estar atentos a este fato e, programar a melhor época do plantio. Na região nordeste, normalmente o plantio compreende entre os meses de março a abril.

Em Sergipe, como se pode observar na tabela 3, do ano de 2000 para o ano de 2005, a área colhida das principais culturas agrícolas temporárias teve um aumento em quase todas as culturas, com destaque para a área de milho que passou de 78488 ha no ano de 2000, para 126551ha em 2005, representando um aumento de 61,2%. No safra de 2015, a área colhida na cultura de milho nas duas safras foi de 180.000 hectares que, se comparando com o ano de 2014, teve um aumento de 0,9% (IBGE, 2015).

Tabela 3. Área colhida das principais culturas agrícolas temporárias do estado de Sergipe 2000-2005

Culturas	Área colhida (ha)		Variação (%) 2000 - 2004
	2000	2005	
Abacaxi	424	405	-4,5
Amendoim	1143	1175	2,8
Arroz	8550	8900	4,1
Batata - Doce	2884	3029	5
Cana - de - Açúcar	21048	26867	27,6
Feijão	49038	51628	5,3
Fumo	3411	2133	-37,5
Mandioca	30265	32184	6,3
Melancia	776	741	-4,5
Milho	78488	126551	61,2

Fonte: Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal; MI-ADENE/GPIN/EP

Em Sergipe, conforme se observa na tabela 4, o milho é a cultura mais colhida no estado, onde, no ano de 2005, produziu 205.577 toneladas em grãos.

Tabela 4. Área colhida, quantidade produzida e rendimento médio das principais culturas agrícolas temporárias do estado de Sergipe - 2005

CULTURAS	QUANTIDADE PRODUZIDA (t)	AREA COLHIDA (ha)	RENDIMENTO MÉDIO (Kg/ha)
Abacaxi	9.669	405	23.874
Amendoim	1.444	1.175	1.229
Arroz	39.010	8.900	4.383
Batata - Doce	35.269	3.029	11.644
Cana - de - Açúcar	1.777.372	26.867	66.154
Feijão	34.026	51.628	659
Fumo	2.775	2.133	1.301
Mandioca	465.707	32.184	14.470
Melancia	16.890	741	22.794
Milho	205.577	126.551	1.624

Fonte: IBGE - Produção agrícola municipal; MI-ADENE/GPIN/EPI

4.3 PRECIFICAÇÃO DO CONTRATO DE SEGURO

Diversos conceitos e metodologias envolvidos no cálculo do preço pago pelo segurado, o qual se denomina prêmio. Os conceitos aqui desenvolvidos podem ser classificados como básicos em um processo de precificação.

Segundo, Ferreira (2002) existem três tipos de prêmios:

a) Prêmio de Risco ou Prêmio Puro

Esse prêmio cobre o risco médio ($E[S]$).

$$P = E[S]$$

Onde, S representa a variável aleatória "valor total das indenizações ocorridas em uma carteira de seguros" em um determinado tempo.

b) Prêmio Esperado

É igual ao prêmio de risco mais um carregamento de segurança estatístico (θ).

$$P = E[S] \cdot (1+\theta)$$

O carregamento de segurança serve como uma margem de segurança para cobrir flutuações do risco, de modo que exista uma probabilidade pequena dos sinistros superarem o prêmio esperado.

c) Prêmio Comercial (π)

Corresponde ao prêmio esperado acrescido do carregamento para as demais despesas da seguradora (α), incluída uma margem para lucro.

$$\Pi = E[S] \cdot (1+\theta) / 1-\alpha.$$

Ainda segundo Ferreira (2002), alguns autores introduzem um quarto tipo de prêmio, chamado de prêmio bruto, o qual é igual ao prêmio comercial acrescido das despesas com impostos que incidem diretamente sobre o prêmio comercial e das despesas com custo de apólice.

O cálculo do prêmio do seguro é uma das atividades mais importantes de uma seguradora. O princípio básico desse cálculo vem do conceito do prêmio ser capaz de cobrir as despesas oriundas dos sinistros a pagar

Ferreira (2002) cita 4 métodos de tarifação:

a) Julgamento ou Subjetivo

Esse método de tarifação é utilizado quando não se tem informação suficiente no processo de tarifação. É um processo subjetivo, em que a tarifa é definida pelo underwriter através da comparação com riscos similares. A Teoria da Credibilidade pode ser classificada dentro desse contexto, pois, por vezes, conjuga a experiência própria da seguradora com a experiência de outras seguradoras;

b) Sinistralidade

A tarifa é atualizada em função da análise da sinistralidade da carteira em estudo. Lembramos que sinistralidade corresponde à razão sinistro/prêmio;

c) Prêmio Puro

Esse método começa com a estimação do prêmio de risco, passando por um processo de regularização estatística (modelagem), e, por fim, adicionando-se um carregamento de segurança;

d) Tábua de mortalidade

É o método utilizado nos Seguros de Pessoas e de Anuidades. Trata-se de um método determinístico, pois aplica fórmulas determinísticas e probabilidades de morte definidas a partir de estudos prévios realizados pelo atuário, quando eles produzem as chamadas tábuas de mortalidades.

4.3.1 Precificação de Seguro Agrícola

O seguro agrícola atua de forma a amenizar os riscos de perdas na atividade agropecuária e proporciona a recuperação de sua capacidade financeira na eventualidade de sinistros ocorridos por motivos naturais incontrolláveis. O seguro representa, então, um instrumento eficaz para a transferência do risco da agricultura para outros agentes e setores econômicos (OZAKI, 2005; AZEVEDO-FILHO, 2009).

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

A determinação da taxa atuarial "justa" ou "pura" do prêmio, ou do mesmo modo, a indenização esperada, é um fator importante que deve ser levado em conta para que um contrato de seguro agrícola seja economicamente viável. Por exemplo, um produtor com histórico de produtividade média maior do que a média dos produtores de sua região ou município, possivelmente não seria atraído por um seguro pagando um prêmio igual a outros produtores da região. Melhor seria determinar uma taxa de prêmio individual que refletisse a estrutura de cada produtor (OZAKI, 2005).

5. METODOLOGIA

Neste trabalho será apresentado a análise exploratória dos dados e a aplicação de modelos lineares generalizados (MLG), com o qual é possível realizar estimativas da precificação do seguro agrícola. A coleta das informações foi realizada por meio de revisão bibliográfica em meio impresso e eletrônico.

Os dados que serão usados nesse trabalho foram obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponível na página <http://ibge.gov.br/>. Esses dados foram coletados dos municípios produtores de milho do estado de Sergipe. A responsabilidade da coleta dos dados é do próprio IBGE. Os dados contêm os seguintes grupos de variáveis: área colhida (hectare) e produção (em tonelada) dos municípios Sergipanos, no período de 1973 a 2010. Sendo que para o valor da produtividade (hectare/tonelada) é realizado o cálculo da produção dividida pela área colhida de cada município.

Neste trabalho, como já dito anteriormente, para o cálculo da precificação utilizaremos uma das técnicas utilizadas por Ozaki (2008), paramétrica, para isso, selecionaremos dados que apresentem distribuição normal.

Para verificação da normalidade será utilizado o teste de Shapiro-Wilk, que se calcula uma estatística "W" que testa se uma amostra aleatória de tamanho "n" provem de uma distribuição normal, através do software estatístico SPSS versão 17.

Além o SPSS versão 17, para as demais análises também serão utilizados o R-project e a planilha do Excel.

5.1 Análise Exploratória de Dados

5.1.1 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.

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

5.1.2 Medidas de Dispersão (Medidas de Variação)

As medidas de dispersão, segundo Morettin e Bussab (2004) são responsáveis por nos mostrar a variabilidade de uma série 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, p. 19).

As medidas de dispersão mais utilizadas são:

- **Amplitude total (A_t):** é a diferença entre o valor maior e o valor menor de um grupo de dados;

$$A_t = ES - EI$$

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

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

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

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

5.2 Modelos Paramétricos

O termo paramétrico refere-se à média e ao desvio-padrão, que são os parâmetros que definem as populações que apresentam distribuição normal. A forma de cálculo depende do tipo de teste envolvido, isto é, do modelo teórico ou modelo de probabilidade. Para testar se a amostra segue uma distribuição normal, podem-se usar dois testes, o teste de Kolmogorov-Smirnov ou o teste de Shapiro-Wilk.

5.2.1. Teste de Normalidade

A distribuição normal ou curva de Gauss-Moivre-Laplace é o principal modelo probabilístico contínuo, pois serve de base para a principal área da Estatística: a Inferência (BITTENCOURT, 2006).

O conhecimento das propriedades de curva normal é muito útil. Assim, se uma variável tem distribuição normal e se sua média e seu desvio padrão forem conhecidos, não é mais necessário representar os dados sob a forma de tabelas ou gráficos para conhecer a probabilidade de ocorrência de valores de interesse (JACQUES, 2007).

Neste estudo, para o teste da normalidade foi utilizado o teste estatístico de Shapiro-Wilk, que foi proposto em 1965 e tinha como objetivo calcular uma variável estatística (W) que investiga se uma amostra aleatória provém de uma distribuição normal (SECUNDINO, 2008).

A variável (W) é calculada da seguinte forma:

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i \right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Em que,

x_i são valores ordenados de amostras.

a_i são constantes geradas a partir de meio, variâncias e covariâncias da ordem estatística de uma amostra de tamanho n e uma distribuição normal.

5.3 Medidas de Formato

Tem como finalidade indicar o formato da distribuição dos valores de uma variável numérica, essencialmente assimetria e curtose.

5.3.1 Assimetria

De acordo com Fonseca e Martins (2010) dá-se a nomenclatura de assimetria ao grau de afastamento de uma distribuição da unidade de simetria, uma vez que uma Distribuição é Simétrica quando seus valores de Média, Mediana e Moda coincidem.

O calculo de assimetria se dá através dos coeficientes de Pearson que são:

- Primeiro Coeficiente de Assimetria de Pearson

$$AS_1 = \left(\frac{\bar{X} - M_o}{s} \right)$$

- Segundo Coeficiente de Assimetria de Pearson

$$AS_2 = \left(\frac{3 - (\bar{X} - M_o)}{s} \right)$$

Onde,

AS = Coeficiente de Assimetria

\bar{X} = Média

M_o = Moda

S = Desvio Padrão

Se,

- AS = 0, diz-se que a distribuição é simétrica (Figura 1 (a));
- AS > 0, diz-se que a distribuição é assimétrica positiva (à direita) (Figura 1 (b));
- AS < 0, diz-se que distribuição é assimétrica negativa (à esquerda) (Figura 1 (c));

Teoricamente, o segundo coeficiente de Pearson pode variar entre 3 e -3 mas, na realidade, raramente esse valor ultrapassa os limites e -1 e 1.

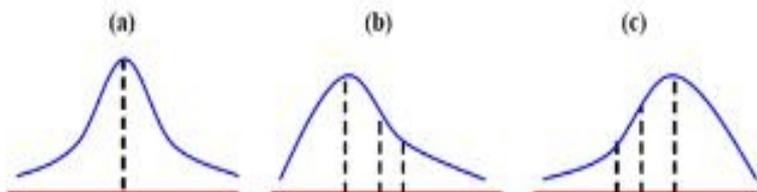


Figura 1: Curvas de Assimetria

5.3.1.1 Coeficiente Momento de Assimetria

Sejam m_2 e m_3 os momentos de segunda e de terceira ordem centrados na média, define-se o coeficiente momento de assimetria como sendo:

$$AS_m = \frac{m_3}{\sqrt{m_2^3}} = \frac{m_3}{m_2^{1.5}}$$

5.3.2 Curtose

Ainda segundo Fonseca e Martins (2010), denomina-se curtose o grau de achatamento da distribuição de freqüências, geralmente unimodal, medido em relação ao de uma distribuição normal que é tomada como padrão. As medidas de curtose buscam identificar o grau de concentração de valores da distribuição em torno do centro dessa distribuição.

Sua distribuição pode ser de 3 formas:

- Uma distribuição delgada chama-se leptocúrtica (Figura 2 (A));
- Uma distribuição nem chata, nem delgada, chama-se mesocúrtica (Figura 2 (B));
- Uma distribuição achatada, denomina-se platicúrtica (Figura 2 (C));

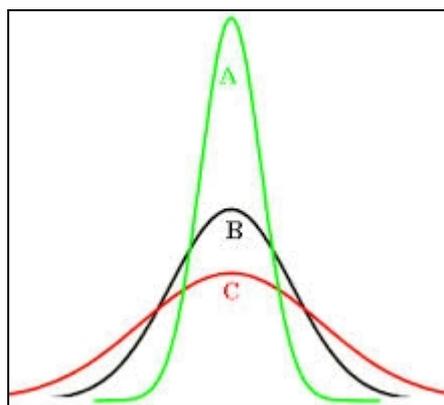


Figura 2: Curva de Curtose

Para medir o grau de curtose utiliza o coeficiente:

$$K = \left(\frac{Q_3 - Q_1}{2(P_{90} - P_{10})} \right)^2$$

Em que,

K = Coeficiente de Curtose

Q_3 = 3º quartil

Q_1 = 1º quartil

P_{90} = 90º percentil

P_{10} = 10º percentil

O valor desse coeficiente para a curva normal é de 0,26367 assim se,

$K = 0,26367$, diz-se que a curva é mesocúrtica.

$K > 0,26367$, diz-se que a curva é platicúrtica.

$K < 0,26367$, diz-se que a curva é leptocúrtica.

5.3.2.1 Coeficiente Momento de Curtose

O coeficiente momento de curtose é definido como o quociente entre o momento centrado de quarta ordem (m_4) e o quadrado do momento centrado de segunda ordem (variância).

$$Km = \frac{m_4}{(m_2)^2} = \frac{m_4}{s^4}$$

O valor deste coeficiente para a curva normal é 3,00.

Portanto,

Quando $Km \cong 3,00 \rightarrow$ diremos que a distribuição é mesocúrtica .

Quando $Km < 3,00 \rightarrow$ diremos que a distribuição é platicúrtica .

Quando $Km > 3,00 \rightarrow$ diremos que a distribuição é leptocúrtica .

5.4 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).

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 & DEMÉTRIO, 2010) :

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 μ_1, \dots, μ_n , ou seja,

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

sendo $\phi > 0$ um parâmetro de dispersão e θ_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

$$\eta_i = \sum_{r=1}^p x_{ir} \beta_r = \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} \quad \text{ou} \quad \boldsymbol{\eta} = X\boldsymbol{\beta}, \quad (2)$$

sendo $X = (x_1, \dots, x_n)^T$ a matriz do modelo, $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_p)^T$ o vetor de parâmetros desconhecidos e $\boldsymbol{\eta} = (\eta_1, \dots, \eta_n)^T$ 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 θ_i da família de distribuições (1) não são de interesse direto (pois há um para cada observação), mas sim um conjunto menor de parâmetros β_1, \dots, β_p tais que uma combinação linear dos β 's seja igual à alguma função do valor esperado de Y_i . Como o parâmetro natural θ_i é uma função parecida da média μ_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 μ e o erro aleatório ϵ inerente ao experimento. Define-se no MLG uma

distribuição para a variável resposta que representa as observações e na ou ma distribuição para o erro aleatório ϵ .

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, normal inversa, que pertencem à família exponencial, sendo resumidas na tabela 5.

Tabela 5. Exemplos de distribuições pertencentes à família exponencial.

Distribuições	$b(\theta)$	θ	ϕ	$V(\pi_i)$
Normal	$\theta^2 / 2$	π	σ^2	1
Gama	$\log(-\theta)$	$-1/\mu$	$-1/(CV)^2$	μ^2
N. Inversa	$-\sqrt{-2\theta}$	$-1/2\pi_i^2$	ϕ	π_i^3

Fonte: Paula (2004)

5.4.1 Estimações dos Parâmetros do Modelo

O algoritmo de estimação dos parâmetros β '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 β . No método escores de Fisher utiliza-se função escore, $S(\beta) = \frac{\partial l(\beta)}{\partial \beta}$,

e a matriz de informação de Fisher $K = \left\{ -E \left(\frac{\partial^2 l(\beta)}{\partial \beta_1 \partial \beta_s} \right) \right\} = -E \left(\frac{\partial U(\beta)}{\partial \beta} \right)$. A matriz de

informação para β 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 $n \times 1$ dado por

$$z_i = (y_i - \mu_i) \left(\frac{\partial g(\mu_i)}{\partial \mu_i} \right).$$

Utilizando estes dois resultados, o algoritmo score de Fisher para calcular a estimativa de máxima verossimilhança (EMV) de β 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 score 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.

5.4.2 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 θ e supondo ϕ 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, $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)^T$, $y = (y_1, \dots, y_n)^T$.

5.4.2.1 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 pode ser constituída com até n parâmetros. O mais fácil deles, é denominado de **modelo nulo**, que contém apenas um parâmetro, o qual representa à média μ , é muito simples. Porém, o **modelo saturado**, os quais contém 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 formula (I) (CORDEIRO E LIMA NETO, 2004). 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:

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

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

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), tem-se que:

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

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 esta sendo investigado. Em geral um modelo com baixo desvio é considerado significativo se $D < \chi^2_{n-p}$, 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 χ^2_{n-p} , 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.

Para PAULA (2004), a função de desvio no caso gama, $\theta_i = -1/y_i$ e $\hat{\theta}_i = -1/\hat{\mu}_i$. Assim, segue que o desvio (quando todos os valores são positivos) pode ser expresso na forma

$$D(\mathbf{y}; \boldsymbol{\mu}) = 2 \sum_{i=1}^n \{ -\log(y_i / \mu_i) + (y_i - \mu_i) / \mu_i \}$$

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

$$D^*(\mathbf{y}; \boldsymbol{\mu}) = 2\phi C(\mathbf{y}) + 2\phi \sum_{i=1}^n \log \mu_i + 2\phi \sum_{i=1}^n y_i / \mu_i$$

em que $C(\mathbf{y})$ é uma função arbitrária, porém limitada. Podemos, por exemplo, usar:

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

A forma da função desvio para as principais distribuições da família exponencial são apresentadas na tabela 6.

Tabela 6. Exemplo de deviance para distribuições padrões.

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

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.

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

5.5 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.

De uma forma geral o AIC é dado por:

$$AIC = 2K - 2 \log(L); \quad (12)$$

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.

5.6 Análise Empírica

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).

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.

Desse modo, para o calculo da analise empírica neste trabalho, foi utilizado a seguinte formula:

$$E = \left[\left(\frac{y}{60} \right) * p_g * h \right]$$

Em que,

y = produtividade real (Kg/ha)

60 = de uma saca em kg

p_g = Preço definido na contratação do seguro

h = nível de cobertura

5.7 Cálculo da Produção do Seguro Agrícola

Durante vários anos, os métodos empregados para o calculo da produção do seguro agrícola não levavam em conta a incerteza relacionada ao calculo da taxa. Diversas abordagens foram utilizadas por vários autores na busca da distribuição que melhor se ajustasse à produtividade agrícola (OZAKI, 2005).

O calculo 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.

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.

Normalmente, a seguradora faz um pagamento de indenização a um produtor, caso observe que os rendimentos obtidos da colheita não obtivesse os valores garantidos que, variavam entre 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:

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

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,

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

$$G = \max \left[0, p_g (y_g - y) \right]$$

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

$$E(G) = \int_0^g p_g (y_g - y) f(y) dy$$

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

Para o cálculo da produção histórica real, foi considerado o indicador Milho-BM&FBovespa (novembro/2015) com o preço do milho em R\$ 36,34 por saca de 60kg.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 7, são mostrados os municípios que apresentaram normalidade dos dados após a realização do teste de Shapiro-Wilk, onde adotou-se como hipótese de aceitação valores maiores que 5% seriam normais, logo dos 75 municípios observados, apenas 13 deles foram considerados normais.

Tabela 7. Resultado da Análise de Normalidade dos Dados da produtividade de milho (toneladas por hectare) para treze municípios de Sergipe, 1973 a 2010.

Município	Teste Shapiro Wilk	Valor de P
Aracaju	0,9706	5,561E-01
Areia Branca	0,9409	4,483E-02
Campo do Brito	0,9672	3,213E-01
Divina Pastora	0,9747	5,327E-01
Itabaiana	0,9556	1,358E-01
Macambira	0,9559	1,389E-01
Moita Bonita	0,9444	5,827E-02
Pedrinhas	0,9586	1,829E-01
Riachão do Dantas	0,9593	1,913E-01
Ribeirópolis	0,9528	1,186E-01
Salgado	0,9311	2,425E-02
São Domingos	0,9338	2,936E-02
Tobias Barreto	0,8810	1,267E-03

Uma das problemáticas enfrentadas nas análises como estas aqui sugeridas no Brasil é que não se tem um banco de dados com uma caracterização sobre as fazendas. Existem apenas series suficientemente longas de dados de produtividade de algumas culturas (SANTOS, 2011). Se houvesse banco de dados mais consistentes e por fazenda poderiam melhorar as análises, uma vez que, no banco de dados utilizado existia muitos dados faltantes e talvez tenha sido esta a influencia para que os demais municípios do estado de Sergipe não tenham seguindo normalidade em seus dados.

A tabela 8 nos permite observar algumas estatísticas descritivas para os dados de produtividade de milho dos municípios analisados.

O coeficiente de variação da curtose apresentou média de 0,1328; mínimo de -0,8737 e máximo de 4,5480, como o presente trabalho fala-se de uma distribuição normal, pode-se dizer que todos os dados são platicúrticos, com exceção para a cidade de Tobias Barreto que apresentou coeficiente de curtose igual a 4,5480, apresentando

assim uma curva leptocúrtica, logo, neste caso, a produtividade de milho em Sergipe se encontra mais agrupados em torno da média (figura 3).

Em relação a assimetria, que tem por finalidade medir o grau de afastamento da simetria, observou-se uma média de 0,4485, classificando assim como assimetria positiva, ou seja, à direita (tabela 8 e figura 3).

Tabela 8. Estatísticas Descritivas das séries originais de produtividade de milho (toneladas por hectare) para treze municípios de Sergipe, 1973 a 2010.

Município	Média	Desvio Padrão	Curtose	Assimetria	Obs. (n)
Aracaju	0,5769	0,1396	0,0490	0,1889	30
Areia Branca	0,8893	0,3673	-0,8737	0,3563	38
Campo do Brito	0,8302	0,3218	-0,8204	0,0977	38
Divina Pastora	0,6822	0,1542	-0,5094	0,1742	38
Itabaiana	0,7803	0,2864	-0,6726	0,1681	38
Macambira	1,0817	0,5817	-0,2303	0,5597	38
Moita Bonita	0,8556	0,4483	0,0068	0,6610	38
Pedrinhas	0,6542	0,2157	-0,6324	0,0705	37
Riachão do Dantas	0,7255	0,2972	-0,8412	0,2085	37
Ribeirópolis	0,9505	0,5139	0,9111	0,8301	37
Salgado	0,6835	0,3252	1,0907	0,7187	37
São Domingos	0,7559	0,2335	-0,2992	0,1540	37
Tobias Barreto	0,6863	0,4586	4,5480	1,6432	35
Média	0,7809	0,3341	0,1328	0,4485	37
Mínimo	0,5769	0,1396	-0,8737	0,0705	30
Máximo	1,0817	0,5817	4,5480	1,6432	38

Atualmente, a produção de milho em Sergipe tem crescido bastante, fator esse devido principalmente ao avanço de tecnologias utilizadas na lavoura de milho. No ano de 2014, por exemplo, Sergipe foi o segundo maior produtor de milho do Nordeste, com uma produção de 700 mil tonelada de grãos, ficando atrás somente da Bahia (IBGE, 2014).

A figura 3 nos permite observar o ajuste das densidades seguindo uma normalidade para as distribuições de produtividade agrícola para os municípios analisados, além de assimetria e curtose dos municípios apontados na tabela 8.

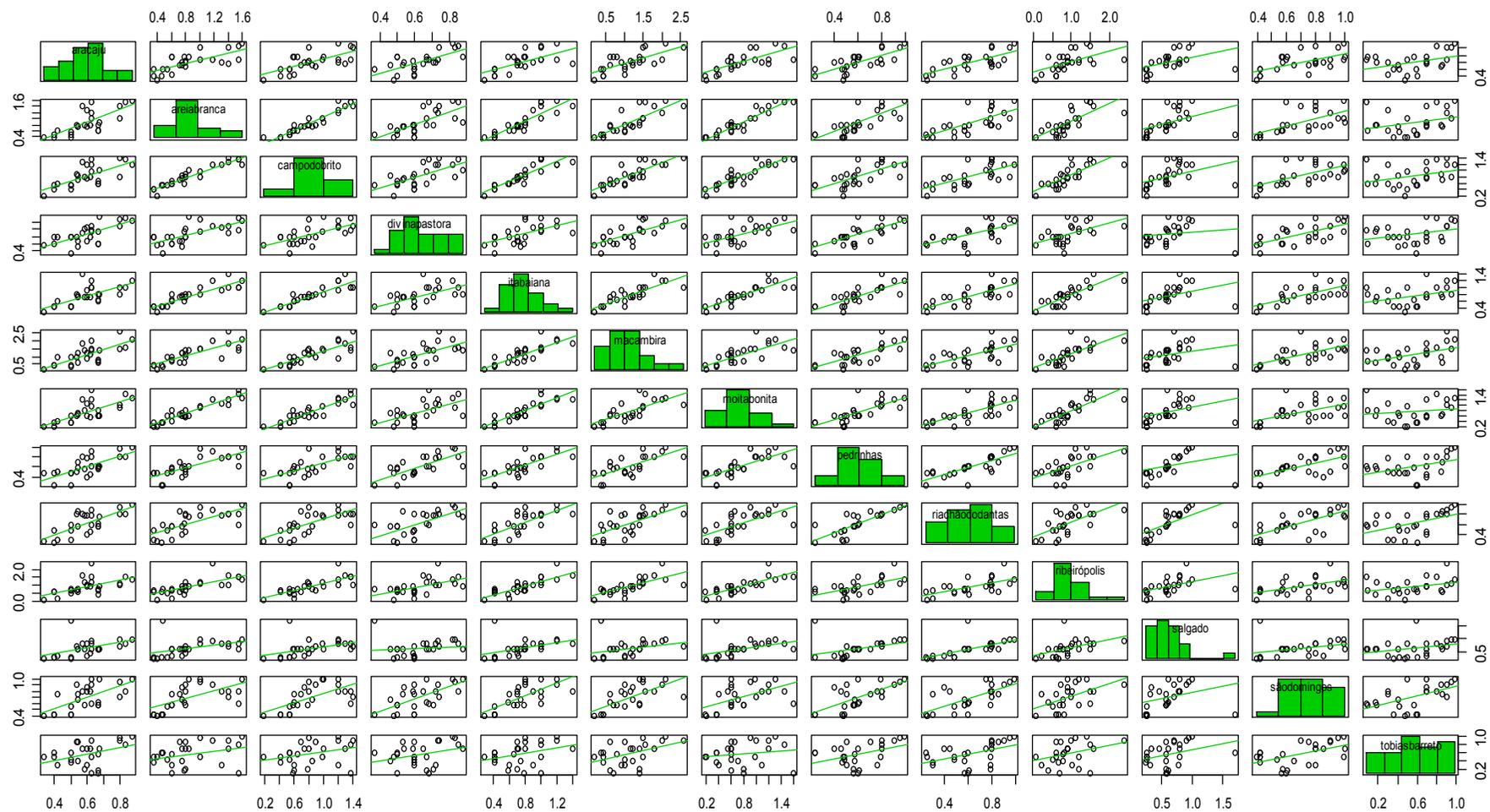


Figura 3. Densidade ajustada do milho nos municípios com distribuição normal no estado de Sergipe.

Na tabela 9, podemos analisar os valores dos erros padrão para as distribuições Normal, Gama e Normal Inversa. Observa-se que o modelo que apresentou os menores valores na maioria dos dados foi o modelo Normal e o modelo Gama, seus valores de erro padrão foram mais precisos, indicando assim uma estimativa mais precisa da produtividade do milho.

Tabela 9. Valores dos Erros Padrão para distribuição normal, Gama e Normal-Inversa ajustadas para treze municípios de Sergipe, 1973 a 2010.

Município	Normal	Gama	Normal Inversa
Aracaju	0,006152	0.006013	0.02168
Areia Branca	0,005423	0.005153	0.01265
Campo do Brito	0,005706	0.005721	0.01483
Divina Pastora	0,003254	0.003613	0.01109
Itabaiana	0,005455	0.005432	0.01519
Macambira	0,006536	0.006656	0.01336
Moita Bonita	0,005705	0.005372	0.04067
Pedrinhas	0,004489	0.004689	0.01643
Riachão do Dantas	0,004701	0.005676	0.01793
Ribeirópolis	0,007429	0.007343	0.01687
Salgado	0,009090	0.012590	0.04114
São Domingos	0,004605	0.004968	0.01412
Tobias Barreto	0,016480	0.011180	0.03199

O AIC tem como objetivo determinar qual o modelo teve melhor ajuste, a escolha do melhor modelo se dá através daquele que apresentar os menores valores. Então, pode-se observar na tabela 10 que, dentre os três modelos, o modelo Normal e o modelo Gama foram os modelos que apresentaram menores AIC.

Tabela 10. Valores do AIC para distribuição normal, Gama e Normal-Inversa ajustadas para treze municípios de Sergipe, 1973 a 2010.

Município	Normal	Gama	Normal Inversa
Aracaju	-52,366	-52,553	-48,520
Areia Branca	15,487	6,405	13,063
Campo do Brito	9,418	7,943	17,736
Divina Pastora	-63,810	-58,445	-55,471
Itabaiana	-3,613	-8,802	-1,575
Macambira	58,971	52,042	59,889
Moita Bonita	10,037	1,122	5,220
Pedrinhas	-48,523	-45,031	-31,429
Riachão do Dantas	-32,824	-20,096	-6,782
Ribeirópolis	43,644	43,674	68,648
Salgado	8,285	7,640	12,713
São Domingos	-25,087	-22,164	-17,591
Tobias Barreto	26,447	27,612	38,229

O cálculo da produção do seguro agrícola é usado para fornecer estimativas dos valores esperados das indenizações por unidade de área em relação a cada unidade segurada. Neste caso, é feita a união entre a função densidade de probabilidade da distribuição de produtividade que foi ajustada e a fórmula que estima o valor do pagamento esperado do seguro (SANTOS, 2011).

Na tabela 11, são mostrados os Pagamentos Esperados (em reais) por hectare do milho para os municípios de Sergipe com cobertura de 70% de 1973 a 2010. Observa-se que não foi possível calcular o valor do pagamento esperado para o município de Aracaju por falta de dados suficientes para o cálculo (BM&FBovespa, 2015).

Os valores apresentados mostram as estimativas de pagamento por parte da seguradora em caso de indenização por unidade de área (ha), levando em conta o prêmio atuarial justo. Tais valores estimados (vide tabela 11) mostram em reais a diferença entre a produtividade real e a produtividade esperada que é previamente estabelecida em contrato com a seguradora.

Observa-se ainda (tabela 11) que os pagamentos esperados pelo modelo Normal e Gama foram os que mais se aproximaram com os pagamentos esperados pelo modelo empírico. Logo, pode-se dizer que entre as três distribuições estudadas, a distribuição Normal e Gama apresentaram melhores ajustes.

Tabela 11. Pagamentos Esperados (em reais por hectare) por unidade de área da cultura do milho para cidades de Sergipe, cobertura de 70%, 1973 a 2010.

Município	Normal	Gama	Normal Inversa	Empírico
Areia Branca	20,0039	27,5419	60,8244	33,92
Campo do Brito	56,4702	77,4403	184,0040	102,81
Divina Pastora	17,0417	16,0269	46,7301	28,09
Itabaiana	34,5931	46,8846	118,4637	57,13
Macambira	513,6853	697,3508	1263,3020	985,72
Moita Bonita	25,5053	33,2819	31,1431	25,97
Pedrinhas	17,4034	19,9664	60,2057	18,87
Riachão do Dantas	530,0948	558,4386	1506,6019	476,96
Ribeirópolis	357,5067	425,7291	880,5453	489,68
Salgado	67,6008	66,5363	192,1396	66,77
São Domingos	136,7841	138,3724	362,6332	196,08
Tobias Barreto	3383,5044	1810,4308	5232,3312	1508,26

7. CONCLUSÕES

Foi proposto a utilização dos MLGs, por sua aplicabilidade em vários tipos de variáveis e devido a modelarem muito bem diversos tipos de estudos, como em todas as estimativas que por ele aqui calculado foram significativas neste estudo.

Foi utilizado o APH para estimar os pagamentos esperados devido ser utilizado em alguns países como nos Estados Unidos que são mais avançados neste assunto.

Os resultados obtidos permitiram explicar que os valores do modelo empírico que se aproximaram dos modelos normal e gama, obtiveram boas estimativas. Uma vez que, através dos modelos as estimativas são mais confiáveis, devido todo tipo de análise que pode ter sido realizada, como verificação de erro, normalidade, simetrias, desvio, enquanto o empírico não se pode verificar seu "poder".

É importante ressaltar que existem vários problemas encontrados para a precificação, como por exemplo, a falta de banco de dados consistente das fazendas e um outro problema detectado é a ausência de formulação para estabelecer uma taxa de prêmio adequada.

BIBLIOGRAFIA

AKAIKE, H. (1974). A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Auto Cntl AC-19, 6, 716–723.

AZEVEDO FILHO, A. J. B.V. Seguro Agrícola no Brasil: evolução e perspectivas, In: Congresso de Tecnologia e Competitividade de Soja no Mercado Global, Cuiabá, 2009.

BARROS, A.M. et al. Seguro Agrícola no Brasil. Uma visão estratégica de sua importância para a Economia brasileira, 2012.

BASSO, R.M., Misturas finitas de misturas de escala Skew-Normal, 96f. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

BEZERRA, A. M. et al. Mercado De Seguros Sob Uma Visão Econométrica: Modelo Para o Seguro Rural Como Opção De Garantia Contra os Riscos da Atividade, setembro 2013. Disponível em: <www.admpg.com.br/2013/down.php?id=449&q=1> Acesso em: 15 de julho de 2015.

BITTENCOURT, H. R., Contribuições para o ensino da distribuição normal ou curva de gauss em cursos de graduação, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.pucrs.br/famat/viali/tic_literatura/artigos/planilhas/Sipem_06.pdf> acesso em: 18 de outubro de 2015.

BM&FBovespa - Bolsa de Mercadorias e Futuros. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/home.aspx?idioma=pt-br>> acesso em: 07 de dezembro de 2015.

BRASIL. **Lei nº 2.168, de 11 de janeiro de 1954.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/1950-1969/L2168.htm> acesso em: 22 de outubro de 2015.

BRASIL. **Lei nº 5.969, de 11 de dezembro de 1973.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L5969.htm> Acesso em: 26 de outubro de 2015.

BRASIL. **Lei nº 8171, de 17 de janeiro de 1991.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/L8171.htm> acesso em 30 de outubro de 2015.

BRASIL. **Lei nº 10.420, de 10 de abril de 2002.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10420.htm> acesso em 10 de novembro de 2015.

CELEUX, G.; SOROMENHO, G., An entropy criterion for assessing the number of clusters in a mixture model, *Classification Journal*, v.13, p. 195-212, 1996.

CNseg, Fundo de Castátrofe para Seguro Rural. Relatório Teórico do Valor Inicial a ser Aportado pelo Governo Federal, Brasil, 2011.

CORDEIRO, G. M., & DEMÉTRIO, C. G. . Modelos Lineares Generalizados e Extensões, outubro de 2010. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/arquivos/aulas/2013/LCE5868/livro.pdf>> acesso em: 10 de novembro de 2015.

CORDEIRO, G. M. & LIMA NETO, E. de A. Modelos paramétricos. Recife: departamento de física e matemática, 2004.

CRUZ, J. C. et al. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção,1,Sete Lagoas-MG. ISSN 1679-012X- Versão eletrônica- volume 6, 2010. Disponível em<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm> - acesso em: 11 de novembro de 2015.

DOBSON, A. J. Introduction to statistical modeling London: Cambridge University Press, 1990. 125 p.

EMBRAPA, Sitema de Produção, ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6^a edição, Brasil, 2010, Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm> Acesso em: 11 denovembro de 2015

FERREIRA, Paulo Pereira,. Modelos de Precificação e Ruina para Seguros de Curto Prazo, Rio de Janeiro, FUNENSEG, 2002.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G.A., Curso de Estatística, 6ª Edição, Editora Atlas, São Paulo, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 de novembro de 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA, disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2522>> acesso em: 10 de novembro de 2015.

JACQUES, Sidia M. C., Bioestatística - princípios e aplicações, Editora Artmed, Porto Alegre, 2007.

JARDIM, Fabio dos Santos, Estatística no ensino médio: um olhar interdisciplinar a partir do ENEM. Trabalho de Conclusão de Curso. Porto Alegre: UFRGS, 2013. Disponível em:<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/88279/000912643.pdf?sequence=1>> Acesso em: 06 de julho de 2015.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/seguro-rural> >. Acesso em: 15 de julho de 2015

MBagro, Seguro Agrícola no Brasil: Uma Visão Estratégica de sua importância para a economia brasileira, Brasil, julho, 2012. Disponível em: <http://ciflorestas.com.br/arquivos/d_d_d_17833.pdf> acesso em: 15 de julho de 2015.

MDA - MINISTERIO DO DESENVOLVIMENTO AGRARIO. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-garantia/sobre-o-programa>> acesso em: 10 de novembro de 2015.

McCullagh P. Modelos Lineares Generalizados, 2ª Edição, Nova York, 1989.

MORETTIN, Pedro A.; BUSSAB, Wilton de O., Estatística Básica, 5ª Edição, São Paulo, Saraiva, 2004.

NELDER, J. A. E WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. Journal of the Royal Statistical Society A, local, V. 135, p. 370-384, 1972

NUNES, J. L. S.; Importância Econômica do Milho. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/culturas/milho/importancia.aspx/>>. Acesso em: 11 de novembro de 2015.

OZAKI, Vitor Augusto, Métodos atuariais aplicados à determinação da taxa de prêmio de contratos de seguro agrícola: um estudo de caso. Tese (doutorado), Piracicaba, 2005.

OZAKI, V. A. Uma Digressão sobre o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural e as Implicações para o Futuro do Mercado de Seguro Rural. Revista de Economia e Sociologia Rural, Piracicaba, v. 48, n 04, p. 495-514, março 2011.

OZAKI, V.A Em busca de um novo paradigma para o seguro rural no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural, v.46, n.1, p.97-119, 2008.

PAULA, G. A. Modelos de regressão com apoio computacional, 2004. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~giapaula/mlgs.html> >. Acesso em: 24 de julho de 2015

PIANA, et al, Estatística Básica, versão preliminar, Pelotas, 2009

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: 26 de outubro de 2015.

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

SANTOS, Catia. Níveis Tecnológicos dos Agroecossistemas do Milho no Estado de Sergipe. São Cristóvão, 2012.

SCHMIDT, C. M. C. Modelo de regressão de Poisson aplicado à área da saúde. Ijuí, 2003. 98 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

SECUNDINO, P. A., A utilização de alguns testes estatísticos para análise da variabilidade do preço do mel nos municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba, estado do Rio de Janeiro, Seroédica, Rio de Janeiro, 2008.

SHERRICK, B.J. Crop insurance valuation under alternative yield distribuitons. American Journal of Agricultural Economics, Saint Paul, v.86, nº 2, p. 406-419, Feb 2004.

SOUSA, K. M. M., Modelos lineares generalizados e modelos de dispersão aplicados à modelagem de sinistros agrícolas. Piracicaba, 2010.

SUSEP. Disponível em: <<http://www.susep.gov.br/menu/informacoes-ao-publico/planos-e-produtos/seguros/seguro-rural>>. Acesso em 30 de outubro de 2015.

TUDO SOBRE SEGURO, Brasil, Dezembro de 2013. Disponível em: <<http://www.tudosobreseguros.org.br/portal/pagina.php?l=608#como%20calcular>>

WOLFOWITZ, J. (1942) Annals of Mathematical Statistics, (1942).