



Universidade Federal de Sergipe

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



Elielma Santana de Jesus

**MODELAGEM ADITIVA GENERALIZADA PARA TARIFICAÇÃO DO SEGU-
RO AGRÍCOLA ATRAVÉS DA PRODUTIVIDADE POR MUNICÍPIO DA CA-
NA-DE-AÇÚCAR EM SERGIPE**

São Cristóvão – SE

2016

Elielma Santana de Jesus

**MODELAGEM ADITIVA GENERALIZADA PARA TARIFICAÇÃO DO SEGU-
RO AGRÍCOLA ATRAVÉS DA PRODUTIVIDADE POR MUNICÍPIO DA CA-
NA-DE-AÇÚCAR EM SERGIPE**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao De-
partamento de Estatística e Ciências Atuariais da
Universidade Federal de Sergipe, como parte dos re-
quisitos para obtenção do grau de Bacharel em Ciên-
cias Atuariais.**

Orientadora: Prof.^a Ma. Amanda da Silva Lira

São Cristóvão – SE

2016

Elielma Santana de Jesus

**MODELAGEM ADITIVA GENERALIZADA PARA TARIFICAÇÃO DO SEGU-
RO AGRÍCOLA ATRAVÉS DA PRODUTIVIDADE POR MUNICÍPIO DA CA-
NA-DE-AÇÚCAR EM SERGIPE**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao De-
partamento de Estatística e Ciências Atuariais da
Universidade Federal de Sergipe, como parte dos re-
quisitos para obtenção do grau de Bacharel em Ciên-
cias Atuariais.**

____/____/____

Banca Examinadora:

Prof.^a Ma. Amanda da Silva Lira

Orientadora

Prof.^a Ma. Vanessa Kelly dos Santos

1º Examinador

Prof.^a Ma. Ana Flávia Menezes Santos

2º Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pelo amor infinito, por me dá saúde e coragem para enfrentar as dificuldades encontradas, não somente nestes anos como universitária, mas ao longo da minha vida. Obrigada Senhor, sem ti nada sou!

Agradeço a todos os familiares, irmãos, primos, tios, avós que acreditaram e desejaram meu sucesso e em especial aos meus pais (Maria e Antônio) que não mediram esforços para que eu chegasse até aqui. Gigi, Inácio e Ivone, irmãos os quais a vida me presenteou, obrigada pelo carinho e incentivo, e suas respectivas famílias que sempre me acolheram como filha.

Prof.^a Ma. Amanda Lira, o que dizer? Não apenas uma professora, não apenas uma orientadora, mas uma amiga para a vida. Obrigada pela dedicação, paciência, estímulo para seguir em frente e contribuição para meu desenvolvimento acadêmico. Agradeço a todos os professores por me proporcionarem conhecimento e por colaborarem para o progresso do curso Ciências Atuariais.

E os amigos? Graças a Deus são muitos e tenho muito a agradecê-los. Não poderei citar todos aqui, pois o espaço é insuficiente. Mas, tenham certeza que serei eternamente grata por fazerem com que esta jornada tenha sido menos sofrida, e guardo todos em um lugar especial no meu coração, desde aqueles conquistados na infância, os do ônibus de Salgado, os do primeiro período de curso e tantos outros que tive o prazer de conhecer ao longo da caminhada.

Agradeço a família SEBRAE pela oportunidade de convivência profissional.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para esta conquista.

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo propor a utilização do modelo aditivo generalizado para calcular a precificação do contrato de seguro agrícola para a cultura de cana-de-açúcar no Estado de Sergipe. A metodologia aplicada nesta pesquisa integra os avanços do cálculo atuarial para a taxa de prêmio, haja vista a indisponibilidade de informações. Os dados utilizados foram obtidos no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), referentes aos municípios produtores de cana-de-açúcar do Estado de Sergipe no período de 2001 a 2014. O teste de normalidade Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar quais municípios apresentavam anormalidade e assim, modelar a produtividade de forma semi-paramétrica. Em seguida calculou-se o coeficiente de variação para análise do risco relativo. Utilizou-se o modelo aditivo generalizado (GAM), ajustando-o com a suavização spline para calcular as estimativas para a precificação. Pode-se concluir que o modelo revelou-se justo para estimar valores esperados de pagamentos do seguro agrícola para a produtividade de cana-de-açúcar nos municípios de Sergipe. Ainda, houve indícios de que o alto valor de indenização pago pelas seguradoras pode contribuir para o pouco desenvolvimento deste ramo por parte da iniciativa privada em Sergipe.

Palavras-chave: tarifação, cana-de-açúcar, seguro agrícola, GAM.

ABSTRACT

This study aims to propose the use of generalized additive model to calculate the pricing of the insurance contract for the cultivation of sugarcane in the State of Sergipe. The methodology used in this research integrates the advances of the actuarial calculation for the premium rate, due to the unavailability of information. The data used were obtained from the IBGE Automatic Recovery System (CIDER), relating to municipalities producers of sugarcane of Sergipe State in the period from 2001 to 2014. The Shapiro-Wilk normality test was applied to verify which municipalities had abnormality, and this way, to model the productivity of semi-parametric form. Then calculated the coefficient of variation for relative risk analysis. It was used the generalized additive model (GAM), adjusting it with spline smoothing to calculate estimates for pricing. It can be concluded that the model showed to be fair to estimate expected values of the agricultural insurance payments for the productivity of sugarcane in the municipalities of Sergipe. Still there was evidence that the high compensation amount paid by insurance companies can contribute to the little development of this industry by the private initiative in Sergipe.

Keywords: charging, sugarcane, agricultural insurance, GAM.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1.	Percentuais e limites da subvenção ao prêmio do seguro rural no Brasil em 2016...	20
Figura 1.	Curvas de Assimetria.....	27
Figura 2.	Apresentação de Boxplot.....	28
Figura 3.	Diagrama de dispersão de X e Y.....	31
Figura 4.	Diagrama de dispersão de X e Y com curva suavizada pelo método loess.....	31
Gráfico 1.	Boxplot da produtividade de cana-de-açúcar para os municípios sergipanos de 2001 a 2014.....	36
Figura 5.	Ajuste do modelo GAM para a produtividade de cana-de-açúcar no período de 2001-2014 para os municípios analisados.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação do risco segundo grau de variabilidade.....	26
Tabela 2. Análise da normalidade e do risco relativo dos dados de cana-de-açúcar para municípios sergipanos no ano de 2001 a 2014.....	35
Tabela 3. ANOVA para efeito não paramétrico do modelo GAM com alisamento spline da produtividade da cana-de-açúcar para os municípios sergipanos de 2001 a 2014....	37
Tabela 4. Pagamentos esperados (em R\$/ha) por unidade de área da cultura de cana-de-açúcar para municípios de Sergipe, cobertura de 70%, entre os anos de 2001 a 2014.....	40

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	OBJETIVOS.....	12
2.1.	Objetivo Geral.....	12
2.2.	Objetivos Específicos.....	12
3.	JUSTIFICATIVA.....	13
4.	REVISÃO LITERÁRIA.....	14
4.1.	Seguro Agrícola.....	14
4.1.1.	Seguro Agrícola nos Estados Unidos.....	14
4.1.2.	Seguro Agrícola na Espanha.....	15
4.1.3.	Seguro Agrícola no Brasil.....	17
4.1.4.	Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural.....	19
4.1.5.	Seguro Agrícola no Nordeste.....	20
4.2.	Cultura de Cana-de-Açúcar.....	22
4.3.	Tarifação do Seguro Agrícola.....	24
5.	METODOLOGIA.....	25
5.1.	Dados.....	25
5.2.	Medidas Descritivas.....	25
5.3.	Teste de Normalidade.....	27
5.4.	Boxplot.....	28
5.5.	Modelos Aditivos Generalizados (GAM).....	29
5.5.1.	Curva de Alisamento do Modelo GAM.....	30
5.5.2.	Alisador Loess.....	31
5.5.3.	Alisador Spline.....	32
5.6.	Análise Empírica.....	32
5.7.	Cálculo do Pagamento Esperado.....	33
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
7.	CONCLUSÕES.....	42
	BIBLIOGRAFIA.....	43
	APÊNDICE.....	48

1. INTRODUÇÃO

O setor da atividade agrícola está sujeito a vários tipos de risco, devido principalmente a fatores climáticos que podem afetar as lavouras negativamente. Dentre eles, a seca é uma das principais causas da redução da produtividade e, conseqüentemente, da renda dos produtores (VIEIRA et al., 2006). Ademais, a volatilidade do setor agrícola, ao ampliar a incerteza sobre os rendimentos futuros, reduz o incentivo a investir, acarretando baixa taxa de investimento, com reflexos inequívocos sobre a produtividade. Esses fatores diminuem a remuneração dos agricultores e, conseqüentemente, restringem o acesso ao crédito para realização dos investimentos, formando um círculo vicioso (MAIA et al., 2010).

Em alguns países, o seguro rural tem desempenhado um papel fundamental na gestão do risco. Por exemplo, nos Estados Unidos, o seguro cobre quase a totalidade da área plantada com uma grande diversidade de produtos. O mesmo ocorre na Espanha, porém com menor variedade de produtos disponíveis. Os programas de seguro rural, em ambos os países, diferem consideravelmente quanto às suas características, mas se assemelham quanto ao forte apoio governamental direcionado aos respectivos programas (DISMUKES, 1999; OZAKI e SHIROTA, 2005).

O principal instrumento privado de gestão de risco utilizado pelos produtores rurais e empresas do agronegócio no país é o seguro rural. O crescimento do mercado de seguro rural no Brasil ocorreu após a criação do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR), em 2003, porém a liberação das primeiras subvenções fornecidas do governo só ocorreu em 2005 (OZAKI e SHIROTA, 2005). Até então, a demanda era relativamente baixa devido ao elevado valor do prêmio do seguro. Estes incentivos proporcionaram o crescimento do setor de seguro agrícola e, conseqüentemente, surge à necessidade de desenvolver meios para quantificar e precificar este tipo de seguro.

Uma das problemáticas enfrentadas pelas seguradoras brasileiras é o cálculo das taxas para o seguro agrícola, pois ainda não está disponível uma teoria atuarial consolidada voltada para esta área. O seguro agrícola é pouco comercializado no Brasil, mas é amplamente utilizado por produtores rurais dos Estados Unidos e outras localidades no mundo. Este tipo de seguro teria uma boa comercialização no Brasil, tendo em vista a proteção que traria para os produtores do país (SANTOS, 2011).

O agronegócio é uma das principais atividades econômicas brasileiras, em 2014 foi responsável por 23% do Produto Interno Bruto (PIB) e 38,1% das exportações totais do nosso país. Segundo o Ministério da Agricultura (2016b) em 2015, o setor se destacou como único a

apresentar crescimento em um ano de dificuldade econômica com aumento de 1,8% no PIB, enquanto a indústria sofreu queda de 6,2% e os serviços 2,7%.

Segundo Santos (2011), os seguros agrícolas mais comercializados no Brasil são o seguro de custeio, que assegura que o produtor terá uma produtividade mínima com um preço garantido, e o seguro safra, que visa o pagamento de apólices às famílias sujeitas à perda de safra em razão do fenômeno de estiagem ou excesso hídrico.

As seguradoras brasileiras utilizam a produtividade agrícola média municipal dos últimos quatro anos para estimar o valor das taxas de prêmio e o pagamento esperado do seguro. Esta prática é criticada por diversos pesquisadores, tais como Atwood et al. (2003), Carriquiry et al. (2008) e Ozaki (2005), dentre outros, que argumentam a falta de uma modelagem precisa do comportamento dos rendimentos para diversas culturas por distribuições mais adequadas para o cálculo das taxas do contrato de seguro.

De acordo com o exposto, este trabalho terá por finalidade propor a utilização dos modelos aditivos generalizados (GAM), que flexionam modelos paramétricos e não paramétricos ao comportamento dos dados, para calcular a precificação do contrato de seguros agrícolas com base em um indicador regional.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral propor alternativas para estimação dos pagamentos justos esperados do seguro agrícola com base em um indicador regional, utilizando dados de produtividade de cana-de-açúcar a nível municipal do Estado de Sergipe, nos anos de 2001 a 2014.

2.2. Específicos

- Investigar os aspectos na modelagem de dados de produtividade agrícola, com enfoque nas análises empíricas e não paramétricas;
- Realizar Modelagem Aditiva Generalizada (GAM);
- Propor o cálculo da precificação do seguro agrícola através das estimativas do GAM.

3. JUSTIFICATIVA

A necessidade do seguro agrícola fica mais evidente diante de problemas climáticos que estão se tornando cada vez mais frequentes e trazem grandes prejuízos ao setor. Tal seguro tem peculiaridades que o diferencia de outros tipos de seguro, tais como falta de dados, deficiência de normatização e/ou agência normatizadora, difícil precificação, elevada exposição às catástrofes, alto custo de fiscalização e peritagem. Estas peculiaridades fazem com que o seguro agrícola tenha prêmios elevados que desestimulam o desenvolvimento do mercado, tornando-o desinteressante para a iniciativa privada (SANTOS, 2011).

Um dos principais problemas que afeta o mercado segurador agrícola é a falta de metodologias atuariais adequadas de precificação do seguro, que resultam em taxas de prêmio inexatas e mal calculadas tendo severas implicações no problema da seleção adversa (OZAKI, 2005).

As seguradoras brasileiras utilizam a produtividade agrícola média municipal dos últimos quatro anos para estimar o valor das taxas de prêmio e o pagamento esperado do seguro, método esse criticado por diversos pesquisadores, que argumentam a falta de uma modelagem precisa do comportamento dos rendimentos para diversas culturas por distribuições mais adequadas para o cálculo das taxas do contrato de seguro (SANTOS, 2011; OZAKI, 2008).

4. REVISÃO LITERÁRIA

4.1. Seguro Agrícola

4.1.1. Seguro Agrícola nos Estados Unidos

A primeira experiência na área de seguro agrícola ocorreu nos Estados Unidos no fim do século XIX, exatamente no ano de 1899 na região de Minneapolis. Nesse período, haviam seguros cobrindo apenas riscos específicos como, por exemplo, a queda de granizo. Esta experiência inicial abrangia apenas a lavoura de trigo e teve duração de um ano (OZAKI, 2005).

Os efeitos conjuntos da Grande Depressão e das intensas tempestades de areia (dust bowl) levaram, na década de 1930, o Congresso norte-americano a autorizar diversas medidas para auxiliar a agricultura. Para coordenar um programa de seguros agrícolas, foi criada, em 1938, a Corporação Federal de Seguros Colheita (Federal Crop Insurance Corporation - FCIC) vinculada ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture - USDA), com o objetivo de formular políticas para o desenvolvimento do seguro agrícola, administrar programas e elaborar pesquisas (MAIA et al., 2010).

Sob a FCIC elaborou-se, inicialmente, um programa experimental restrito às principais culturas e regiões produtoras. Entretanto, logo nos primeiros anos, o programa apresentou resultados financeiros negativos, a despeito do fato de não ter havido problemas climáticos significativos, sendo necessários aportes do tesouro norte-americano para cobrir os déficits gerados (GUIMARÃES e NOGUEIRA, 2009). Segundo Ozaki (2005), os maus resultados devem-se aos métodos incorretos de precificação e estimativa da produtividade e, também, a problemas de seleção adversa.

O prêmio era calculado por meio de uma estimativa de perda, utilizando-se como base a produtividade média a nível local. A proteção foi fixada entre 50% e 70% deste valor, após comparação com a de anos anteriores. Posteriormente, ponderava-se a indenização média pela perda regional para determinação da taxa de prêmio (OZAKI, 2005).

Em 1996, foi criada a Agência de Gestão de Risco (Risk Management Agency - RMA), responsável pela gestão dos riscos agrícolas por meio de soluções de mercado. A RMA administra os programas da FCIC e regula o mercado de seguro agrícola, cabendo à agência aprovar os valores dos prêmios cobrados pelas seguradoras, administrar os subsídios, aprovar e dar suporte. Com a aprovação da Lei de Proteção de Risco Agrícola (Agricultural Risk Protection Act) em 2000, houve maior incentivo a novos produtos de seguro agrícola, já

que a taxa de subsídio, anteriormente inferior para seguros que não fossem de produtividade, foi igualada. Além disso, foi estabelecido que seguradoras privadas que desenvolvessem novos produtos de seguro agrícola poderiam ter seus custos de pesquisa e desenvolvimento (PED) reembolsados caso o seguro agrícola fosse aprovado pela FCIC (MAIA et al., 2010).

O principal plano de seguro de produtividade é o Histórico de Produção (Actual Production History - APH), este plano protege os produtores contra granizo, vento, congelamento, excesso de umidade, seca, pragas e doenças na lavoura. Caso o volume de produção colhido seja inferior ao contratado, o segurado recebe uma indenização, calculada com base no preço vigente quando o seguro foi comprado (MAIA et al., 2010).

Decorridos mais de vinte e cinco anos de sua reestruturação, com a introdução dos subsídios e a participação de companhias seguradoras privadas, pode-se afirmar que o programa de seguro agrícola norte-americano encontra-se consolidado no rol das principais políticas de apoio aos produtores rurais. No entanto, os resultados alcançados ainda deixam a desejar, dando motivos a muitas críticas, principalmente na comunidade científica norte-americana (GUIMARÃES e NOGUEIRA, 2009).

As companhias que atuam no ramo de seguro agrícola nos Estados Unidos são privadas. Além de regular o mercado, por intermédio da RMA, o governo norte-americano concede subsídios ao prêmio do seguro, provê resseguro e também reembolsa despesas administrativas e operacionais das seguradoras (MAIA et al., 2010).

4.1.2. Seguro Agrícola na Espanha

Na Espanha, o seguro rural começou a se desenvolver em 1978, com a criação do sistema denominado Seguro Agrário Combinado (SAC), e tem como propósito cobrir danos verificados na produção agrícola e pecuária, bem como na exploração de florestas. Os principais fatores de sustentação do programa são: o resseguro estatal, realizado pelo Consórcio de Compensação de Seguros (CCS), Associação Espanhola de Empresas Privadas de Seguros Agrários (Agrupacion Espanola de Entidades Aseguradoras de los Seguros Agrarios Combinados S.A. - Agroseguro), que opera em regime de cosseguro, e a concessão do subsídio ao prêmio pela Agência Estadual de Seguro Agrícola (Entidad Estatal de Seguros Agrarios - ENESA) (NEVES e MIRANDA, 2007).

O SAC está estruturado em dois pilares básicos: universalidade e solidariedade. No que se refere à universalidade, todos os agricultores têm acesso ao seguro, respeitadas as normas e condições de interesse da política agrícola nacional. O compartilhamento do risco per-

mite que o seguro seja ofertado indistintamente em todas as regiões do país sem preocupação de concentração do risco em determinadas instituições privadas e/ou regiões. Quanto à solidariedade, no Plano Anual de Seguros Agrários, fica explícito que o setor público não socorrerá agricultores que tenham adquirido apólices para risco que o governo disponibiliza subvenção. A ajuda pública pode ocorrer mesmo que o sinistro tenha origem em um fenômeno sem proteção, desde que o agricultor tenha adquirido apólice para os riscos previstos naquela cultura (NEVES e MIRANDA, 2007).

A ENESA é presidida pelo subsecretário do Ministério da Agricultura e conta com um diretor designado pelo Ministro, e tem como órgão máximo de decisão a Comissão Geral, composta por representantes do setor agrário (Organizações Profissionais Agrárias e Cooperativas Agrárias), da Administração Geral do Estado – Ministérios da Economia (CCS e DGS) e da Agricultura (ENESA), das Comunidades Autônomas e da Agroseguro. Dentre as funções da ENESA estão: coordenar as ações de desenvolvimento do SAC, cujas diretrizes são fixadas em Planos Anuais que, por sua vez, estão vinculados à política agrícola do Governo; propor as condições técnicas mínimas de cultivo, dos rendimentos seguráveis, dos prêmios dos seguros e as datas limites para subscrição das apólices; realizar estudos sobre os danos ocasionados às produções, os meios de prevenção dos riscos e as investigações necessárias à sua cobertura; fomentar e divulgar os seguros agrários (NEVES e MIRANDA, 2007).

O CCS é uma sociedade estatal, criada em 1954, sujeita em sua atividade ao ordenamento jurídico privado, com funções públicas e privadas, contando com independência financeira, patrimonial e contábil. As principais funções do CCS são: assumir riscos com características especiais e que causem danos a pessoas e bens, como furacões e crédito à exportação; liquidar as companhias seguradoras, administrando fundos de estabilidade compensatórios entre si; e atuar como resseguradora governamental, assumindo riscos que o mercado não faria a um custo adequado (NEVES e MIRANDA, 2007).

No SAC, o CCS tem como atribuições básicas exercer o papel de ressegurador oficial e controlar a regulação/peritagem, além de atuar como elemento estabilizador do sistema mediante participação no quadro de cosseguro. No entanto, a característica mais marcante do seguro agropecuário espanhol é o pool de seguro, denominado Agroseguro, que comercializa os diversos planos de seguro agropecuário (NEVES e MIRANDA, 2007).

O Agroseguro foi constituído em 1980, é uma sociedade integrada pelas distintas sociedades seguradoras que operam o sistema, as quais pulverizam os riscos através do cosseguro. Esta sociedade, em nome e por conta de seus associados realiza a gestão geral do SAC. As companhias seguradoras atuam nesta sociedade responsabilizando-se pela distribuição do se-

guro através de seus canais de comercialização, sendo a presença do CCS em seu capital a única participação pública no Agroseguro. As características principais da Agroseguro são: custos, garantia, padronização, transparência, capacidade, comercialização, massificação, capilaridade, competição e anti-seleção (NEVES e MIRANDA, 2007).

4.1.3. Seguro Agrícola no Brasil

No Brasil, o seguro rural surgiu na década de 30, quando o Estado de São Paulo disciplinou o seguro obrigatório contra granizo para lavoura algodoeira, 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 dá outras providências. Os resultados até então foram considerados positivos e levaram a criação da Carteira de Seguro Agrícola contra Granizo para a Viticultura (Lei nº 11, de 19 de julho de 1948) e a Carteira de Seguro Agrícola contra Geadas para Horticultura (Lei nº 8.375, de 28 de outubro de 1964), pela Secretaria de Agricultura do referido Estado (PRADO, 2012).

Foi criada a Companhia Nacional de Seguro Agrícola (CNSA) e o Fundo de Estabilidade do Seguro Agrário, pela Lei nº 2.168, de janeiro de 1954, como esforço de destaque do Governo Federal (governo de Getúlio Vargas) para instalação do seguro rural no Brasil. Ozaki (2005) comenta que a companhia foi criada como uma sociedade de economia mista, com o objetivo de desenvolver operações de seguros rurais (SANTOS, 2011).

Apesar dos esforços e ações desenvolvidas pela CNSA não obtiveram saldo positivo, tendo suas atividades encerradas em 1966. Seu fracasso deve-se, 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 (PRADO, 2012).

Ainda no Governo Getúlio Vargas, em 1939, por meio do Decreto-lei nº 1.186, de 03 de abril, foi criado o Instituto de Resseguros do Brasil (IRB). As sociedades seguradoras ficaram obrigadas, desde então, a ressegurar no IRB as responsabilidades que excedessem sua capacidade de retenção própria, que, através da retrocessão, passou a compartilhar o risco com as sociedades seguradoras em operação no Brasil (RAMOS, 2009).

Passados sete anos da dissolução da CNSA, o Governo Federal tomou uma iniciativa que assegurava a capacidade do sistema financeiro caso o produtor ficasse inadimplente junto ao agente financeiro em decorrência de um evento que causasse prejuízos à sua atividade. A

medida, criada para oferecer ao setor produtivo segurança quanto ao permanente fornecimento de crédito, ficou conhecida como Programa de Garantia da Atividade Agrícola - PROAGRO (OZAKI, 2005).

Segundo Ozaki (2005), o PROAGRO pode ser dividido em duas fases distintas: o “velho”, que cobre o período entre 1975, início de sua operacionalização, até 1991, e o “novo”, que se estende de 1991 em diante.

Criado pela Lei nº 5.969, de 11 de dezembro de 1973, iniciou suas operações em janeiro de 1975 e tinha como objetivo: “exonerar o produtor rural das obrigações financeiras relativas às operações de crédito rural de custeio e/ou investimento e para cujo cumprimento venha a ficar impedido pela ocorrência extraordinária de fenômenos naturais, pragas e doenças que prejudiquem rebanhos e plantações, de modo a comprometer total ou parcialmente os seus rendimentos” (MAPA, 2016c).

Desta forma, percebe-se que o PROAGRO surge como um seguro de crédito, limitado apenas para aqueles que utilizam o crédito rural. Isto permitiu que o mercado de seguros continuasse a oferecer coberturas nas demais modalidades do seguro rural. Ele também funcionava como um incentivo à modernização do setor agropecuário por cobrir o custeio singular (OZAKI, 2005).

De acordo com Figueiredo (1993), o Proagro teve praticamente as mesmas coberturas que o seguro rural, diferindo em alguns aspectos:

- a) O Proagro não dispõe de um fundo específico para garantir a estabilidade de suas operações no caso de ocorrência de um evento catastrófico, dependendo totalmente, do repasse de recursos do Poder Público, conforme regulamento;
- b) O seguro agrícola, no caso de sinistro total ou parcial, indeniza o segurado imediatamente, enquanto o Proagro, devido à sistemática de operacionalização, que exige a intermediação do órgão de assistência técnica e do agente financeiro, o faz somente após a colheita;
- c) No Proagro o beneficiado será indenizado somente quando o valor remanescente da colheita não for suficiente para cobrir o saldo devedor, enquanto, o seguro agrícola, indeniza efetivamente a redução da produção;
- d) As taxas não são formuladas levando-se em conta metodologias atuariais;
- e) Ainda, se o valor básico do custeio não cobrir os custos efetivamente envolvidos na produção o programa não cobrirá o risco resultante do produtor.

No ano de 1991 foi promulgada a Lei Agrícola, regulamentada pelo Decreto nº 175 de 10 de julho de 1991, e pela Resolução nº 1.855 de 14 de agosto de 1991, que introduziu im-

portantes modificações no programa. Em seu capítulo 16 (artigo 59) estabelece que o Proagro assegure ao produtor rural:

- i. “a exoneração de obrigações financeiras relativas à operação de crédito rural de custeio, cuja liquidação seja dificultada pela ocorrência de fenômenos naturais, pragas e doenças que atinjam bens, rebanhos e plantações;
- ii. a indenização de recursos próprios utilizados pelo produtor em custeio rural, quando ocorrer perda em virtude dos eventos citados no inciso anterior.”

O documento estabeleceu ainda, que os recursos para o financiamento do programa seriam feitos por três fontes: provenientes dos próprios produtores, outros recursos alocados ao programa e as receitas geradas pela aplicação destes recursos (art. 60) (OZAKI, 2005).

4.1.4. Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural

O Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) foi criado no final de 2003, por meio da Lei nº 10.823, mas sua regulação ocorreu apenas em 2004, por meio do Decreto nº 5.121 em 29 de junho, para promover a universalização do acesso ao seguro rural, assegurar o papel do seguro rural como instrumento para estabilidade da renda agropecuária e induzir o uso de tecnologias adequadas, bem como modernizar a gestão do empreendimento agropecuário (SILVA et al., 2013).

O PSR oferece ao agricultor a oportunidade de segurar sua produção com custo reduzido, por meio de auxílio financeiro do governo federal. A subvenção econômica concedida pelo Ministério da Agricultura pode ser pleiteada por qualquer pessoa física ou jurídica que cultive ou produza espécies contempladas pelo Programa e permite ainda, a complementação dos valores por subvenções concedidas por estados e municípios. Para contratar o seguro rural, o produtor deve procurar uma seguradora habilitada pelo Ministério da Agricultura no Programa de Subvenção. Caso o produtor já tenha cobertura do Proagro ou do Proagro Mais para uma lavoura, o mesmo não será beneficiado pelo PSR na mesma área (MAPA, 2016).

Para se ter acesso à subvenção, o PSR estabeleceu como critério a observação dos indicativos do zoneamento agrícola de risco climático, cujo objetivo é orientar os agricultores, agentes financeiros e seguradoras em relação ao melhor período e tecnologia para o plantio. Esse zoneamento, fornecido pelo Mapa, ao mesmo tempo em que induz o uso de tecnologias adequadas, reduz o risco da produção agrícola. Do mesmo modo, o PSR criou um Comitê Gestor Interministerial composto por integrantes dos órgãos governamentais envolvidos no processo (Mapa, Susep, os ministérios da Fazenda, do Planejamento, Orçamento e Gestão e

do Desenvolvimento Agrário, e das secretarias do Tesouro Nacional e de Política Agrícola), cujas funções são definir: i) os percentuais sobre o Prêmio do Seguro Rural e os valores máximos da subvenção; ii) as culturas vegetais e espécies animais da subvenção; iii) as regiões atendidas pelo PSR; iv) as condições técnicas a serem cumpridas pelos beneficiários; e v) a proposta do Plano Trienal para o PSR, com o objetivo de proporcionar maior previsibilidade às ações do governo, gerando maior segurança ao mercado (SILVA et al., 2013).

O subsídio do PSR é diferenciado conforme a modalidade do seguro rural, o tipo de cultura e espécies de animais, categorias de produtores, regiões de produção e condições contratuais (JARDIM FERREIRA e FERREIRA, 2009). Em 2016, os percentuais e os limites de subvenção foram estipulados de acordo com o Quadro 1 a seguir:

Quadro 1. Percentuais e limites da subvenção ao prêmio do seguro rural no Brasil em 2016.

MODALIDADES DE SEGUROS	GRUPOS DE ATIVIDADES	TIPO DE COBERTURA	NÍVEL DE COBERTURA	SUBVENÇÃO (%)	LIMITES ANUAIS (R\$)
Agrícola	Trigo	Multirrisco	> 60%	55%	R\$ 72 mil
	Grãos	Multirrisco	60% - 65%	45%	
			70% - 75%	40%	
			> 80%	35%	
		Riscos Nomeados		35%	
	Frutas, Olerícolas, Café e Cana-de-açúcar	----	---	45%	
Florestas	Silvicultura (Florestas plantadas)				R\$ 24 mil
Pecuário	Aves, bovinos, bubalinos, caprinos, equinos, ovinos e suínos	---	---	---	R\$ 24 mil
Aquícola	Carcinicultura, maricultura e piscicultura				R\$ 24 mil

Fonte: SPA/MAPA 2016a

4.1.5. Seguro Agrícola no Nordeste

A Região Nordeste é a terceira maior do país em extensão territorial, com área superior a 1,5 milhão de km², contendo o maior número de unidades da federação (nove), que são:

Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Piauí, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe. É a segunda região mais populosa, com cerca de 50 milhões de habitantes, aproximadamente 30% da população brasileira, de acordo com Censo IBGE 2010 (BNDES, 2014).

O Índice de Atividade Econômica Regional do Banco Central (IBCR), utilizado pela instituição para avaliar o desempenho da economia por regiões, indica um quadro de recessão generalizada, mas com dados piores para as regiões Norte e Nordeste. Na virada de 2014 para 2015, estas regiões passaram de uma expansão próxima de 2% para uma retração de 3%, em nível nacional o Produto Interno Bruto (PIB) teve queda de 3,8% em 2015 (CUCOLO, 2016). O crescimento de 1,8% no PIB da agropecuária em 2015 foi comemorado pelo setor, por se tratar de um ano com dificuldades econômicas (PORTAL BRASIL, 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 (AGRA e SANTOS, 2001).

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 de Cana-de-Açúcar

A cana-de-açúcar é cultivada em mais de 100 países, mas apesar desta difusão mundial, cerca de 80% da produção do planeta está concentrada em dez países: Brasil, Índia, China, México, Tailândia, Paquistão, Colômbia, Austrália, Indonésia e Estados Unidos (NOVA CANA, 2009).

Considera-se a cana, como uma das culturas de maior importância socioeconômica para o Brasil e para o mundo, pois produz açúcar e álcool, sendo este último um produto que vem sendo usado com frequência como alternativa para uma energia renovável na indústria automobilística. O bagaço da cana-de-açúcar também é aproveitado para alimentação de bovinos de leite e produção de energia. Na alimentação humana é usada como açúcar, rapadura, melado, caldo e na produção da cachaça (DANTAS NETO et al., 2006; VIANA et al., 2012).

No Brasil, a cana teve uma grande importância na formação histórica do país, pois foi um dos elementos principais para a formação da base econômica, política e social, e ainda hoje este setor gera renda para a nação brasileira (CASTILHO, 2000).

Em virtude do desenvolvimento econômico decorrente do comércio de produtos procedentes da cana-de-açúcar, em consonância com a importante acumulação de capital ocasionada pela transação destes produtos, sua cultura se disseminou sobremaneira, acelerando cada vez mais o seu crescimento, contudo, subordinado à fomentação de novos tipos de produtos, com perspectivas de avaliação contínua, modificando o conceito do mercado à sociedade, acarretando o processo de profundas modificações no cenário econômico brasileiro, salientando a existência da preocupação constante com a elevação dos níveis qualitativos do produto e procurando a busca da excelência da qualidade, com o firme propósito da absorção e ganho de mercado, sempre com a meta do foco no consumidor final (THEODORO, 2011).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção de cana-de-açúcar na safra 2016/17 terá acréscimo de 3,8% em relação à safra passada. Em nú-

meros absolutos estima-se uma produção de 691 mil toneladas de cana-de-açúcar, ante as 665,6 mil toneladas na safra 2015/16.

Dos principais estados produtores do Centro-Sul do Brasil, São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, apenas os dois últimos indicam queda na produção total de cana-de-açúcar. Em São Paulo, maior produtor nacional, as informações coletadas no primeiro levantamento indicam crescimento absoluto de pouco mais de 14 mil toneladas. As excelentes condições climáticas nos últimos meses contrastam com o excesso de chuva no decorrer da safra passada, porém ambos os fatores corroboram para que haja o aumento da produção. Se por um lado as boas condições climáticas auxiliam no desenvolvimento das lavouras, por outro o excesso de chuva na safra passada impediu, em muitos casos, a colheita da cana-de-açúcar. Com isso há previsão de aumento de cana bisada que será colhida na safra 2016/17 (CONAB, 2016).

No Nordeste os maiores produtores apresentam números positivos, com aumento de 21,4% em Pernambuco e 11,5% em Alagoas. Em Alagoas, por exemplo, esperam-se melhorias de produtividade na safra nova, motivada pelas chuvas que ocorreram de dezembro até os dias atuais, condição climática favorável à cultura e que não ocorre com frequência. O mesmo ocorre em Pernambuco e somam-se as boas expectativas de mercado para o açúcar e para o etanol (CONAB, 2016).

Já em Sergipe, houve uma queda no rendimento de cana-de-açúcar (tonelada por hectare) da safra 2015/2016 nas unidades de produção, em virtude das condições pluviométricas nos meses de outubro a dezembro de 2015 não terem sido ideais para o desenvolvimento da cultura. Há ainda uma preocupação por parte dos produtores em relação à safra 2016/17, uma vez que os índices pluviométricos registrados em janeiro e fevereiro de 2016 continuam abaixo do ideal. Devido a esta preocupação, haverá redução da área plantada de cana-de-açúcar quando comparada à safra anterior (CONAB, 2016).

De acordo com as informações do primeiro levantamento da safra 2016/2017 de cana-de-açúcar, Sergipe demonstra que continuará a migração da indústria para a produção de etanol, apesar da reação ao preço do açúcar. A preferência pela maior produção de etanol na próxima safra se dá por causa de melhores perspectivas de mercado para esta substância (CONAB, 2016).

4.3. Tarifação do Seguro Agrícola

O cálculo para encontrar o preço dos contratos de seguro agrícola é uma tarefa complicada. As dificuldades começam pela inexistência de séries históricas relativamente longas de produtividades municipais e de produtividades por propriedade. Diante disso, o tratamento dos dados disponíveis só pode levar em conta características particulares limitadoras, como: séries históricas de períodos curtos, impedindo identificar padrão e realização de testes estatísticos convencionais; condições climáticas e riscos correlatos extremamente diversos, dificultando estabelecer um padrão médio de ocorrências, e formação de tendência de produtividade inviável pela impossibilidade de comparar a produtividade de uma safra com anos anteriores, porque um eventual aumento pode estar relacionado à incorporação de tecnologias no decorrer dos anos que determinou avanço significativo no rendimento agrícola (TUDO SOBRE SEGUROS, 2016).

Na precificação de ativos no mercado financeiro, a volatilidade é uma componente estocástica que deve ser tratada adequadamente. Além dos tradicionais modelos da família ARCH, outras abordagens têm sido utilizadas para a modelagem da volatilidade em séries financeiras. O mercado agrícola é diretamente afetado por turbulências na economia mundial, tais como as causadas pelas oscilações no preço do petróleo. Movimentos especulativos podem impactar a precificação de seguros e modelos para previsão de volatilidade são ferramentas auxiliares no desenvolvimento de estratégias de mercado (ESALQ, 2008).

Para caracterizar acuradamente o risco intrínseco de cada produtor, o contrato de seguro agrícola deve levar em conta não somente o tipo de cultura, solo, clima e o tipo de manejo, mas também metodologias atuariais adequadas para a modelagem dos dados de produtividade agrícola (OZAKI, 2005).

Segundo 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.

5. METODOLOGIA

Neste trabalho será apresentada a análise do risco relativo para os dados e a aplicação do Modelo Aditivo Generalizado (GAM) que é uma extensão dos Modelos Lineares Generalizados (MLG), ou seja, são modelos designados de semi-paramétricos, para isso, não se faz necessário que os dados sigam normalidade, uma vez que este é o objetivo principal do estudo, realizar estimativas de dados não paramétricos. Para verificação da normalidade será utilizado o teste de Shapiro-Wilk, em que é calculada uma estatística "W" que testa se uma amostra aleatória de tamanho "n" provém de uma distribuição normal, através do software estatístico SPSS versão 20. Para as demais análises serão utilizados o R-project versão 3.1.2 e a planilha do Excel versão 14.0.4760.1000 (64 bits).

5.1. Dados

Os dados que serão utilizados neste trabalho foram obtidos no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), disponível na página <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Estes dados foram coletados para os municípios produtores de cana-de-açúcar do Estado de Sergipe. A responsabilidade da coleta dos dados é do próprio IBGE. As informações da cultura da cana-de-açúcar contêm os seguintes grupos de variáveis: área colhida (hectare) e produção (tonelada) dos municípios sergipanos, no período de 2001 a 2014. O valor da produtividade (tonelada/hectare) é encontrado dividindo-se a produção pela área colhida de cada município. Dos 75 municípios que Sergipe possui, foram analisados 17, por apresentarem o máximo de informações da produtividade.

5.2. Medidas Descritivas

As medidas descritivas têm o objetivo de reduzir um conjunto de dados observados (numéricos) a um pequeno grupo de valores que deve fornecer toda a informação relevante a respeito desses dados. Estas medidas são funções dos valores observados e podem ser classificadas em: medidas de tendência central, dispersão, formato e separatrizes (PIANA et al., 2009).

- **Média Aritmética:** medida de tendência central muito utilizada no cotidiano. Seu resultado se dá através da divisão do somatório dos números dados pela quantidade de números somados:

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

- **Desvio Padrão:** mostra o quanto de dispersão existe em relação à média dos dados:

$$DP(X) = \sqrt{S^2}$$

Em que S^2 representa a variância, soma dos quadrados dividida pelo número de observações:

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

- **Risco Relativo:** para analisar o risco relativo, calcula-se o coeficiente de variação (CV) dado por $CV = \left(\frac{DP}{\bar{x}}\right) * 100\%$, em que $DP(X)$ é o desvio-padrão e \bar{x} é a média.

Segundo Ozaki e Dias (2009) o CV é:

- Interpretado como a variabilidade dos dados em relação à média. Quanto menor o CV mais homogêneo é o conjunto de dados.
- Adimensional, isto é, um número puro, que será positivo se a média for positiva; será zero quando não houver variabilidade entre os dados, ou seja, $DP(X) = 0$.

Logo, uma forma de classificar o grau de risco pode ser observada de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do risco segundo grau de variabilidade.

CV	GRAU DO RISCO
< 10%	Baixo
10% - 20%	Médio
20% - 30%	Alto
> 30%	Muito alto

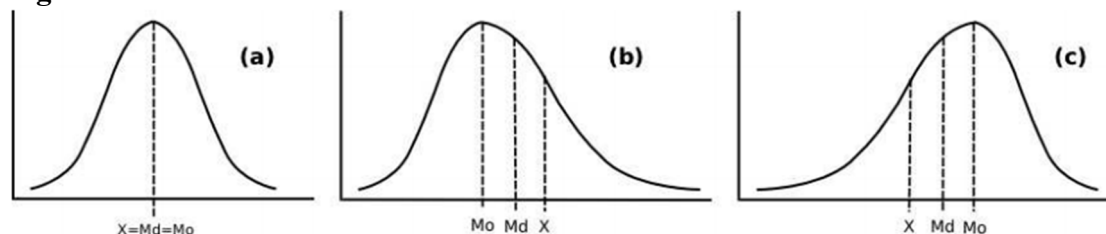
- **Assimetria:** indica a forma de distribuição dos dados, que pode ser simétrica (média = moda = mediana), assimétrica positiva (moda < mediana < média) ou assimétrica negativa (média > mediana > moda). Para este estudo o cálculo da assimetria se dá através do coeficiente de Pearson, mas existem outras formas de cálculo, por exemplo, os critérios de Bowley e de Kelley:

$$As = \left(\frac{\bar{X} - Mo}{S} \right)$$

- Se $As = 0 \rightarrow$ a distribuição será Simétrica (Figura 1 (a));

- Se $As > 0 \rightarrow$ a distribuição será Assimétrica Positiva (Figura 1 (b));
- Se $As < 0 \rightarrow$ a distribuição será Assimétrica Negativa (Figura 1 (c)).

Figura 1: Curvas de Assimetria.



5.3. Teste de Normalidade

A suposição de normalidade é uma condição exigida para a realização de muitas inferências válidas a respeito de parâmetros populacionais. Portanto, é fundamental testar a hipótese de normalidade, quando da avaliação dos pressupostos para a validade da inferência que será realizada. É possível verificar a normalidade a partir de alguns gráficos, como histograma e boxplot. E, existem também testes estatísticos específicos para verificar a aderência de conjuntos de dados a uma distribuição normal. Citam-se os testes Shapiro-Wilk, Shapiro-Francia, Qui-quadrado de Pearson, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors, Anderson-Darling e Cramer-von Mises (HENNING e OLIVEIRA, 2012).

Neste estudo, para o teste da normalidade foi utilizado o teste estatístico de Shapiro-Wilk, que foi proposto em 1965 e tem 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:

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

Em que,

x_i são valores ordenados de amostras, e

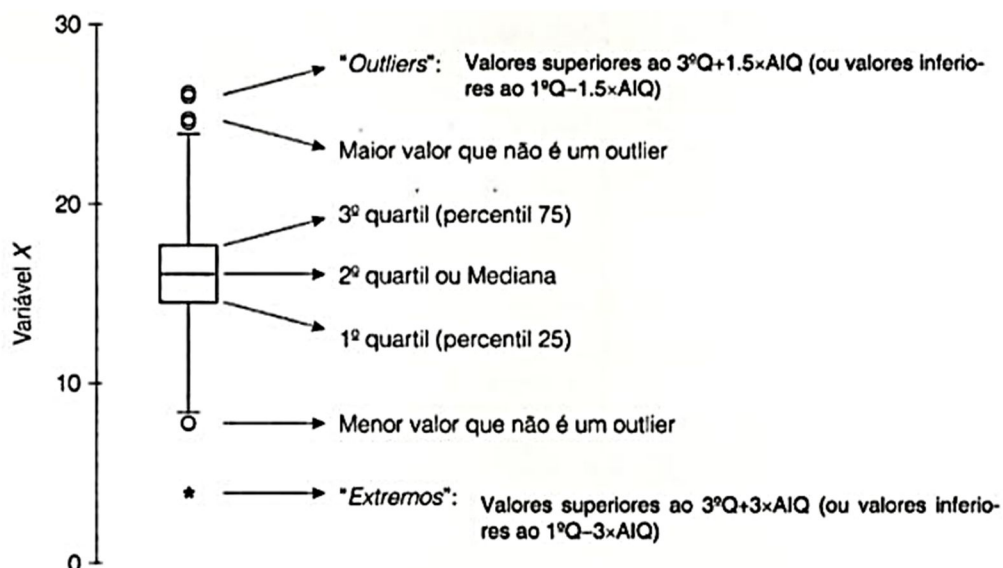
a_i são constantes geradas a partir de meio, variâncias e covariâncias da ordem estatística de uma amostra de tamanho n e uma distribuição normal.

5.4. Boxplot

O Boxplot, também conhecido como gráfico de caixa, permite avaliar a simetria dos dados, sua dispersão e a existência ou não de outliers, sendo especialmente adequado para a comparação de dois ou mais conjuntos de dados correspondentes às categorias de uma variável (VEIGA CAPELA e CAPELA, 2011).

A Figura 2 ilustra um destes gráficos, em que a linha central da caixa marca a mediana do conjunto de dados e a amplitude interquartílica (AIQ) que é igual ao (3º quartil) - (1º quartil). A parte inferior da caixa é delimitada pelo 1º quartil (quartil inferior) e a parte superior pelo 3º quartil (quartil superior). As hastes inferiores e superiores se estendem, respectivamente, do quartil inferior até o menor valor não inferior a (1º quartil) - (1.5 x AIQ) e do quartil superior até o maior valor não superior a (3º quartil) + (1.5 x AIQ). As quantidades (1º quartil) - (1.5 x AIQ) e (3º quartil) + (1.5 x AIQ) delimitam, respectivamente, as cercas inferior e superior e constituem limites para além dos quais os dados passam a ser considerados outliers (VEIGA CAPELA e CAPELA, 2011).

Figura 2. Apresentação de Boxplot.



Fonte: Anais CMAC (2011, p. 362).

A existência de outliers, valores extremamente altos ou extremamente baixos, pode indicar tanto dados incorretos como dados válidos que carecem de uma atenção especial. Dependendo do objetivo pode ser que justamente os outliers sejam os pontos de interesse da análise (VEIGA CAPELA e CAPELA, 2011).

5.5. Modelos Aditivos Generalizados

Infelizmente, na prática, raramente conhecemos a forma funcional verdadeira do modelo ou as suposições probabilísticas a serem postuladas. A regressão semi-paramétrica surge como uma opção prática, consistente e robusta para este tipo de análise ao permitir a modelagem de formas funcionais complexas que contemplam simultaneamente componentes paramétricos e não paramétricos. Trata-se de uma alternativa mais flexível do que a abordagem clássica e menos restritiva para a estimação de uma curva desconhecida (FLORENCIO, 2010).

Os modelos semi-paramétricos estão intrinsecamente relacionados ao conceito de modelos aditivos, que são caracterizados pela habilidade de prover bons ajustes a um número variado de situações e o seu emprego pode ser observado tanto no desenvolvimento e aprimoramento de métodos estatísticos quanto em aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento (FLORENCIO, 2010).

Os Modelos Lineares Generalizados (MLG) são formados por um componente aleatório, um componente sistemático e uma função de ligação que “liga” os dois componentes. A resposta Y , componente aleatória do modelo, tem função de densidade de probabilidade (ou função de probabilidade) dada por:

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

Onde θ_i é chamado parâmetro natural e ϕ parâmetro de dispersão, $b(\cdot)$ e $c(\cdot)$ são funções especificadas, $b(\cdot)$ é duas vezes diferenciável e $\phi^{-1} > 0$. Assume-se também que a esperança de Y , denotada por μ , está relacionada com um conjunto de variáveis preditoras (não aleatórias) X_1, \dots, X_p por $g(\mu) = \eta$, onde $\eta = \alpha + X_1\beta_1 + \dots + X_p\beta_p$; η é a componente sistemática do modelo linear generalizado chamada preditor linear e $g(\cdot)$ é a função de ligação (PAULA, 2004).

Nos Modelos Aditivos Generalizados (GAM) substitui-se o termo preditor linear η dos MLG's que é uma função linear de cada uma das variáveis preditoras por uma função não especificada dessa variável, obtendo-se o preditor aditivo:

$$\eta = \alpha + f_1(x_1) + \dots + f_p(x_p) \quad (5.1)$$

Assim, os GAM's podem ser vistos como uma generalização da classe dos MLG's pelo fato da relação entre η e X_i não estar especificada.

O preditor (5.1) corresponde a um modelo totalmente não paramétrico. Porém, também fazem parte dos GAM's, os modelos cujo preditor combina formas paramétricas de algumas (r) variáveis predictoras com termos não paramétricos de outras ($p - r$) variáveis. Neste caso, o preditor pode ser escrito como:

$$\eta = \alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_r X_r + f_1(x_{r+1}) + \dots + f_{p-r}(x_p). \quad (5.2)$$

Modelos nesta forma são denominados modelos semi-paramétricos (LIMA, 2001).

A estimação dos GAM's e testes de hipótese sobre os componentes do modelo foram desenvolvidos em analogia a procedimentos utilizados com esses objetivos nos MLG's, modificando-os de forma que as funções f_1, \dots, f_{p-r} em (5.2) sejam estimadas por meio da utilização de suavizadores ou alisadores (LIMA, 2001).

O processo de ajuste dos GAM's baseia-se na combinação de dois procedimentos iterativos: o procedimento de ponderação local – PPL (local scoring) e o retroajuste (backfitting). O PPL é um procedimento similar ao procedimento MQIR utilizado no ajuste dos MLG's e corresponde a um ciclo externo no processo e estimação necessário para o ajuste de um modelo com estrutura semelhante a um MLG; o retroajuste, um ciclo interno ao PPL, é o algoritmo responsável pela estimação de cada função f por meio da utilização de suavizadores ou alisadores ponderados (GONÇALVES, 2009).

5.5.1. Curva de Alisamento do Modelo GAM

Sejam Y uma variável aleatória e X uma variável fixa. Uma técnica de suavização pode ser utilizada para descrever a dependência de Y em X . Por exemplo, considere o diagrama de dispersão apresentado na Figura 3 onde são representados 726 pontos (x_i, y_i) correspondentes a valores observados de X e Y . A relação entre essas variáveis é melhor visualizada com o auxílio da curva representada na Figura 4, obtida aplicando-se um procedimento de suavização aos pontos (x_i, y_i) , $i=1, \dots, 726$. Essa curva foi construída desenhando-se os pontos (x_i, \hat{y}_i) , onde \hat{y}_i é o valor previsto de Y em $X = x_i$ obtido no processo de suavização, $i=1, \dots, 726$. Essa curva também é considerada uma estimativa da função f no modelo

$$E(Y|X) = f(X),$$

em que $E(Y|X)$ é o valor esperado de Y dado a variável X , logo para cada valor x_i , onde f é uma função não especificada a priori. A forma da curva estimada é determinada pelos pró-

prios dados e, por esse motivo, os procedimentos de suavização são também denominados técnicas de regressão não paramétrica (LIMA, 2001).

Figura 3. Diagrama de dispersão de X e Y.

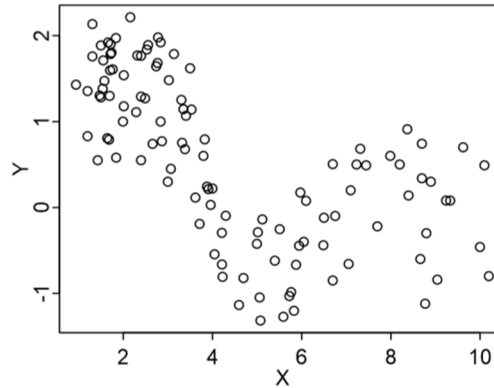
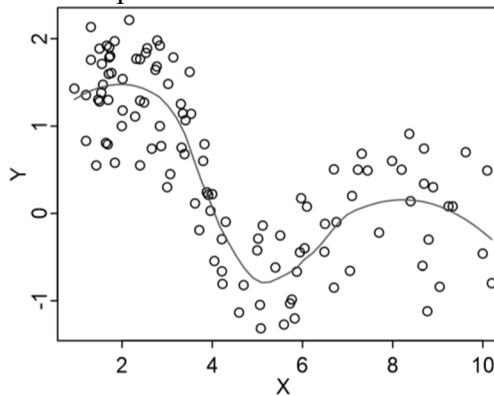


Figura 4: Diagrama de dispersão de X e Y com curva suavizada pelo método loess.



5.5.2. Alisador Loess

Suponha que se deseja suavizar um conjunto de pontos (x_i, y_i) $i=1, \dots, n$. O loess (locally-weighted scatterplot smoother), proposto por Cleveland (1979), é um método de suavização que se baseia no ajuste sucessivo de n modelos de regressão pelo método de mínimos quadrados ponderados (MQP). Cada modelo é ajustado considerando observações cujo valor de X pertence a uma vizinhança da coordenada x_i de uma observação (x_i, y_i) fixa que é denominada ponto alvo, $i=1, \dots, n$. O valor ajustado é $\hat{y}_i = \hat{f}(x_i)$. Portanto, considerando sucessivamente as n observações (x_i, y_i) como ponto alvo, obtêm-se os pontos $(x_i, \hat{f}(x_i))$, $i=1, \dots, n$, que geram a curva suavizada (LIMA, 2001).

5.5.3. Alisador Spline

Considere um diagrama de dispersão cujos pontos (x_i, y_i) , $i=1, \dots, n$, correspondem aos valores observados de duas variáveis X e Y . Deseja-se determinar uma curva suave, \hat{f} , que resuma a dependência de Y em X . Se o critério para determinar \hat{f} fosse simplesmente encontrar a função f tal que a soma de quadrados dos resíduos dada por

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2$$

seja mínima, o resultado seria qualquer curva interpolando os pontos do diagrama de dispersão. Assim a solução não é única e pode não ser uma curva suave. O suavizador spline adiciona a este critério, a restrição da curva estimada ter primeira e segunda derivadas contínuas. Esse método procura, entre todas as funções $f(x)$ com primeira e segunda derivadas contínuas no intervalo $[a, b] = [x_{(1)}, x_{(n)}]$ aquela que minimiza

$$\sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \int_a^b (f''(u))^2 du, \text{ com } \lambda \geq 0, \quad (5.3)$$

onde $x_{(1)}$ e $x_{(n)}$ são, respectivamente, os valores mínimo e máximo de X na amostra. O termo $\int_a^b (f''(u))^2 du$ é uma maneira de medir a ondulação da função f : no caso de funções f lineares $\int_a^b (f''(u))^2 du = 0$, enquanto que funções não lineares estão associadas a valores maiores do que zero para esta expressão. O parâmetro $\lambda \geq 0$ regula a relação de ganho e perda entre o viés e a ondulação da curva estimada. Assim como no loess, λ é o parâmetro responsável por regular a suavização da curva: valores grandes de λ dão peso maior à segunda parcela da expressão (5.3), produzindo curvas mais suaves, isto é, menos onduladas. Num extremo, se $\lambda \rightarrow \infty$ tem-se $f''(u) = 0$, e então a solução é a reta de mínimos quadrados. Em outro extremo, se $\lambda \rightarrow 0$, a segunda parcela de (5.3) tem pouca influência, e a solução tende a ser uma função duas vezes diferenciável que interpola os n pontos (LIMA, 2001).

5.6. Análise Empírica

Ozaki (2005) destaca a importância de se escolher um modelo estatístico que melhor reflita a densidade de produtividade condicional para o cálculo atuarial da taxa de prêmio, e que para isso deve-se focar no fator gerador dos dados no momento de se modelar a produti-

vidade agrícola. Nos trabalhos empíricos, tal fator é o processo temporal, já que a única informação conhecida no momento t é o próprio tempo.

Para o cálculo da análise empírica neste trabalho como forma de comparação do modelo GAM foi utilizada a seguinte formulação que é empregada no campo para definir o valor do pagamento esperado do seguro agrícola:

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

Em que,

y = produtividade real (t/ha)

1000 kg referente a uma tonelada

p_g = preço definido na contratação do seguro

h = nível de cobertura

Para ilustrar os cálculos e simular o preço da cana-de-açúcar previsto em contrato foi utilizado o indicador da Associação dos Plantadores de Cana do Estado De Sergipe (ASPLANA, 2014) safra 2013/2014, com um preço de R\$ 70,00 por tonelada de cana-de-açúcar colhida.

5.7. Cálculo do Pagamento Esperado

Segundo Santos (2011), a distribuição de probabilidade da produtividade não deve ser simplesmente aceita como uma premissa não examinada, nem ser escolhida de acordo com a conveniência, sem se avaliar a significância econômica desta suposição. Pois, os resultados obtidos por Sherrick et al. (2004) demonstram que a escolha da distribuição pode ter um impacto significativo nos valores esperados de pagamentos do seguro.

Para estimar o pagamento esperado por unidade de área do seguro agrícola utiliza-se o cálculo da produção histórica real – Actual Production History (APH), que é apresentado por Ozaki (2005) e Sherrick (2004), e outros autores da área. O pagamento esperado é usado para fornecer uma estimativa dos valores das indenizações por unidade de área em relação a cada unidade segurada (SANTOS, 2011).

A seguradora faz o pagamento de indenização a um produtor, caso observe que os rendimentos obtidos da colheita não alcancem os valores garantidos que, varia entre 50%, 60% e 70% de produtividade esperada, dependendo do município. Além disso, existe uma cláusula de perda mínima, ou seja, só há pagamento da seguradora se o percentual do dano em determinada área for menor ou igual a 30% e pode ser calculado usando a seguinte função:

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

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.

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, foi utilizado o modelo semi-paramétrico GAM com suavização spline.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O foco deste estudo é propor a realização do cálculo da precificação para o seguro agrícola para dados não normais através do modelo GAM, visto que na maioria das vezes os dados de produtividade para culturas cultivadas no Brasil se comportam de forma assimétrica. Logo, na Tabela 2 são mostrados os municípios que apresentaram não normalidade nos dados após realização do teste de Shapiro-Wilk, na qual se associou a hipótese de não aceitação da normalidade aqueles com p-valor menor que 5%. Dos 75 municípios que Sergipe possui foram analisados 17, por apresentarem o máximo de informações da produtividade, sendo 14 deles considerados não normais.

Tabela 2. Análise da normalidade e do risco relativo dos dados de cana-de-açúcar para municípios sergipanos no ano de 2001 a 2014.

Municípios	Teste Shapiro-Wilk	P-valor	Média	Desvio Padrão	CV%	Assimetria
Capela	0,5890	0,0000	64,00	7,40	11,56	-2,93
Divina Pastora	0,8501	0,0223	63,86	3,59	5,62	0,67
Japarutuba	0,8925	0,0878*	64,66	3,86	5,97	0,49
Japoatã	0,8078	0,0062	59,66	7,90	13,24	-0,88
Laranjeiras	0,8654	0,0362	64,23	4,22	6,58	0,59
Maruim	0,7616	0,0017	62,00	4,67	7,54	1,20
Muribeca	0,9151	0,1869*	56,69	7,36	12,98	0,31
Neópolis	0,7761	0,0026	62,02	13,43	21,65	0,04
N ^a Sr ^a das Dores	0,7508	0,0013	59,36	6,99	11,78	-1,89
Riachuelo	0,8350	0,0140	65,70	4,57	6,96	-0,24
Rosário do Catete	0,9448	0,4833*	66,65	3,25	4,87	-0,16
Santana do S. Francisco	0,8666	0,0376	57,87	10,53	18,20	0,90
Sta. Rosa de Lima	0,7407	0,0010	62,72	4,29	6,84	1,38
Sto. Amaro das Brotas	0,7528	0,0014	63,63	4,78	7,51	0,94
São Cristóvão	0,8090	0,0065	63,36	4,68	7,39	0,79
São Francisco	0,8639	0,0345	62,10	8,99	14,48	-0,90
Siriri	0,6928	0,0003	60,00	7,07	11,79	-2,09

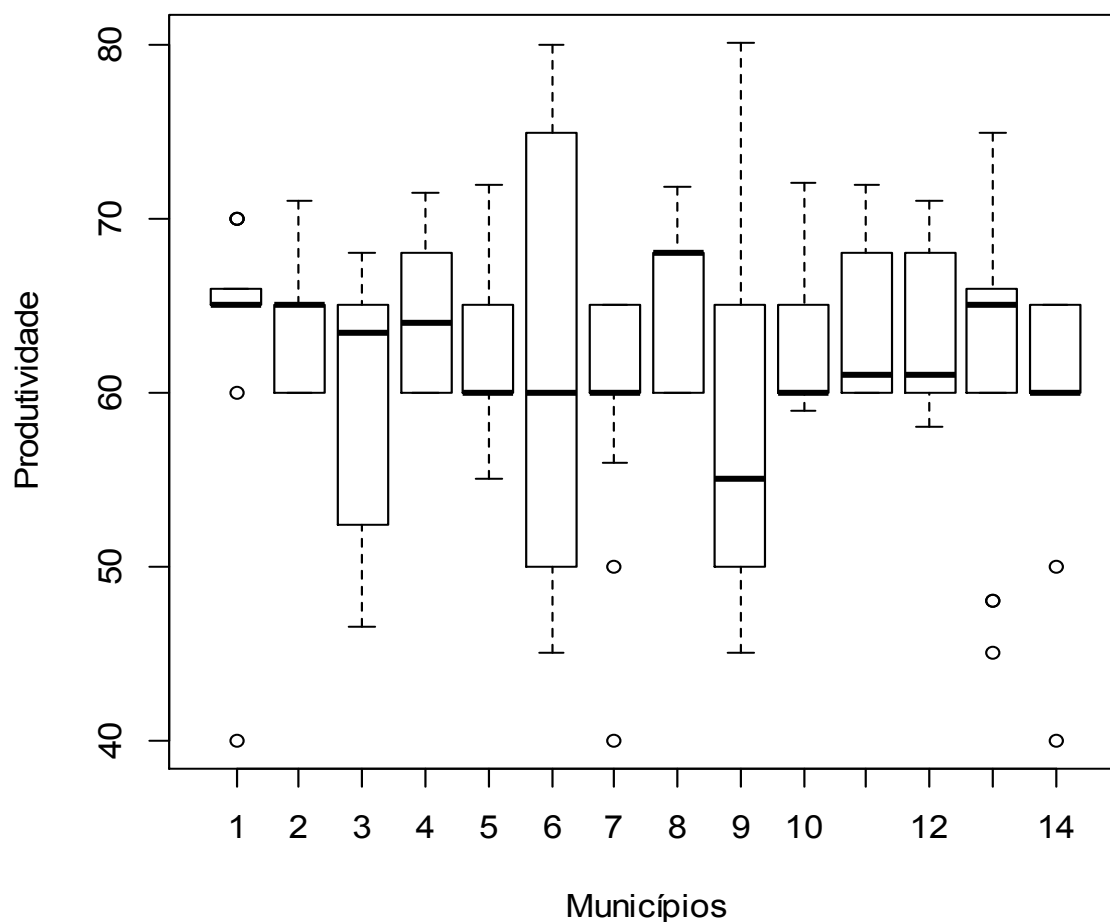
* P-valor significativo ao nível de 5%

Ainda na Tabela 2, pode-se observar que dos municípios considerados não normais Santana de São Francisco apresentou menor média de produtividade (57,67 toneladas/hectare) para o período analisado e Riachuelo como sendo o maior produtor de cana-de-açúcar com 65,7 toneladas/hectare. Já o município com alto risco de perda de produtividade é Neópolis, apresentando coeficiente de variação (CV) de 21,65%, os demais se encontram na faixa de baixo a médio risco, com CV variando de 5,62% a 18,2%.

De acordo com Ozaki (2009) a agricultura é uma atividade econômica que apresenta elevado grau de risco, pois depende de condições que o homem não consegue controlar. Quando ocorrem eventos catastróficos, atinge não apenas uma propriedade rural, mas milhares de propriedades em uma grande extensão territorial que podem resultar em enormes prejuízos à carteira agrícola de uma seguradora, tornando insustentável sua continuidade. Para contornar este problema as seguradoras buscam atuar em regiões distintas em termos de produtividade agrícola e estrutura de risco, a fim de pulverizar espacialmente o risco.

A anormalidade e assimetria dos dados da produtividade pode ser comprovada através do gráfico 1, boxplot. Para dados normais verifica-se distribuição simétrica, no entanto, pode-

Gráfico 1. Boxplot da produtividade de cana-de-açúcar para os municípios sergipanos de 2001 a 2014.



1 = Capela	6 = Neópolis	11 = Santo Amaro das Brotas
2 = Divina Pastora	7 = Nossa Senhora das Dores	12 = São Cristóvão
3 = Japoatã	8 = Riachuelo	13 = São Francisco
4 = Laranjeiras	9 = Santana do São Francisco	14 = Siriri
5 = Maruim	10 = Santa Rosa de Lima	

se notar que isso não ocorre com as informações analisadas. Praticamente todos os municípios apresentaram assimetria à direita, como os municípios de Divina Pastora, Japoatã e São Francisco (Gráfico 1), uma vez que os dados se comportam de forma não normal.

Na Tabela 3, encontra-se a análise de variância para o efeito não paramétrico do modelo GAM com alisamento Spline, em que os municípios de Japoatã, Maruim, Riachuelo, Santana do São Francisco e São Cristóvão não foram significativos para o teste não paramétrico F, logo serão retirados da análise para realização do cálculo da precificação, já que o objetivo é modelar somente os efeitos não paramétricos do GAM. Os demais municípios foram significativos com níveis de 0,1%, 1% e 5% de significância.

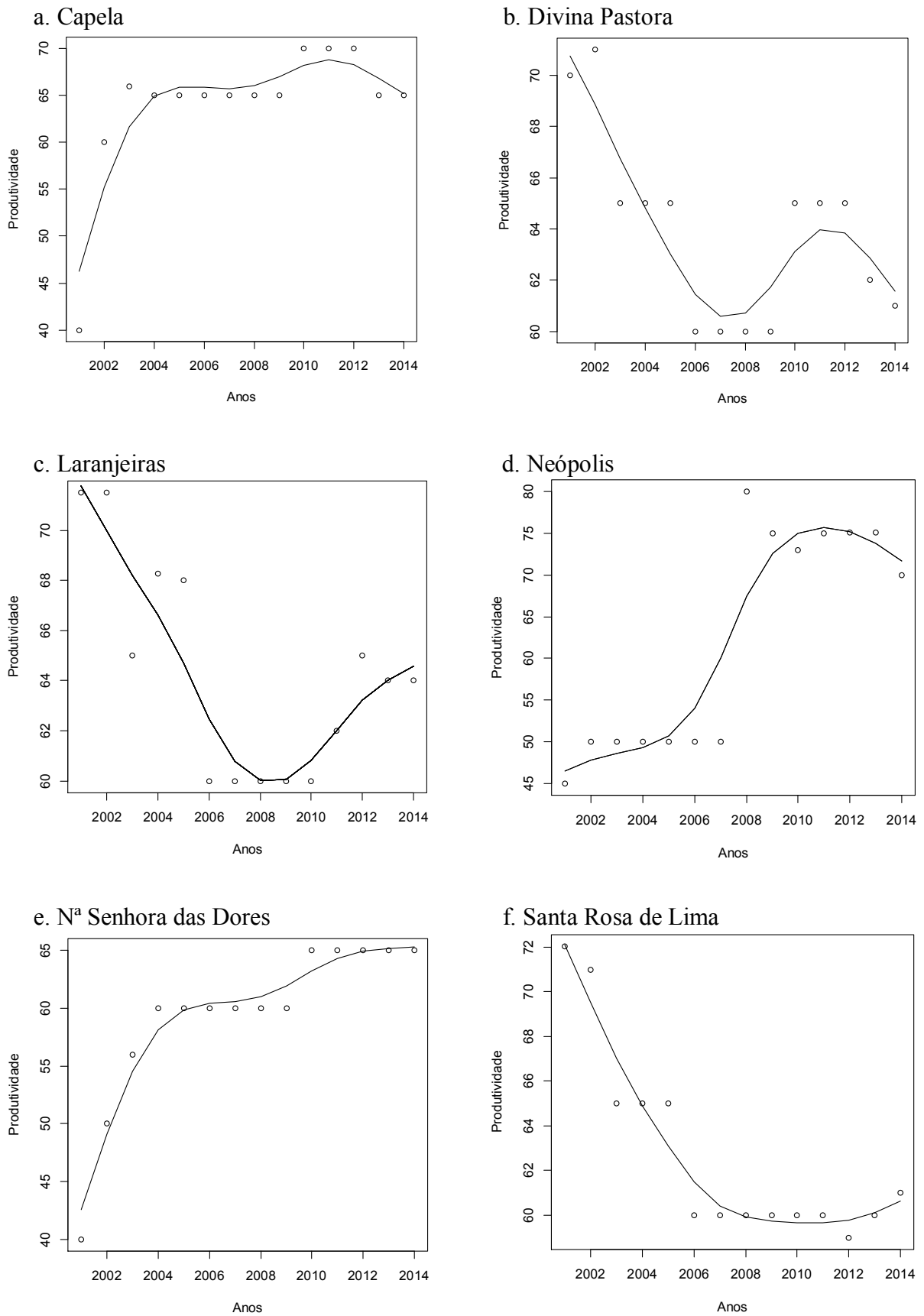
Tabela 3. ANOVA para efeito não paramétrico do modelo GAM com alisamento spline da produtividade da cana-de-açúcar para os municípios sergipanos de 2001 a 2014.

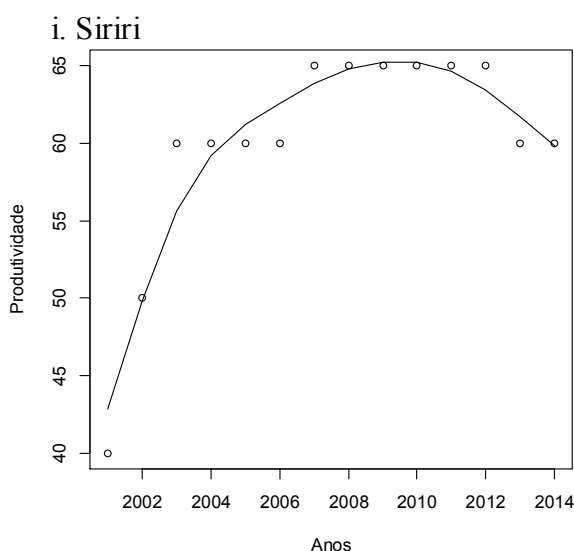
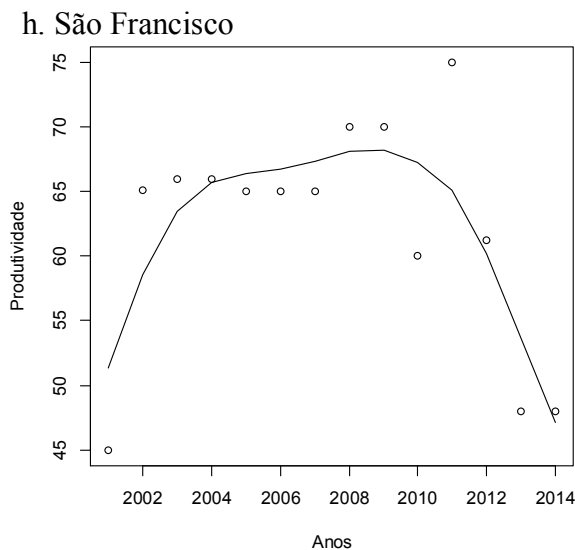
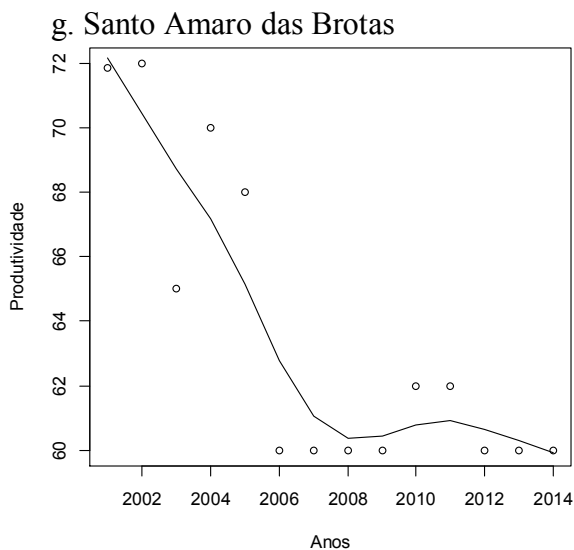
Municípios	Npar (F)	Pr(F)
Capela	10,982	0,002306 **
Divina Pastora	10,871	0,002388 **
Japoatã	2,5510	0,1209
Laranjeiras	9,9307	0,003249 **
Maruim	2,5029	0,1253
Neópolis	4,0621	0,0443 *
Nossa Senhora das Dores	23,861	0,0001282 ***
Riachuelo	2,3778	0,1376
Santana do São Francisco	3,7964	0,05208
Santa Rosa de Lima	15,519	0,0006678 ***
Santo Amaro das Brotas	4,1181	0,04284 *
São Cristóvão	3,1039	0,08168
São Francisco	7,6776	0,007496 **
Siriri	23,955	0,0001262 ***

* significativo ao nível de 5%; ** 1%; *** 0,1%

No Figura 5, foi realizada a análise do ajuste do modelo não paramétrico GAM e verifica-se o bom ajuste para a produtividade de cana-de-açúcar no período de 2001 - 2014 para os municípios sergipanos analisados, pois a linha de ajuste (___) acompanhou os dados reais de produtividade (o).

Figura 5. Ajuste do modelo GAM para a produtividade de cana-de-açúcar no período de 2001-2014 para os municípios analisados.





Segundo Santos (2011), 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 produtividade que foi ajustada e a fórmula que estima o valor do pagamento esperado do seguro.

Na Tabela 4, são mostrados os valores estimados (em R\$/ha) para o pagamento esperado do seguro agrícola para a cultura de cana-de-açúcar dos municípios de Sergipe analisados entre os anos de 2001 a 2014, com nível de cobertura de 70%.

Os valores estimados apresentados na Tabela 4 mostram estimativas para a indenização esperada por unidade de área (ha), levando em conta o prêmio atuarialmente justo, ou seja, que não prevê em seus cálculos, os gastos e os custos por parte da seguradora. Os valores

estimados mostram, em moeda corrente (R\$), a diferença entre a produtividade real e a produtividade esperada prevista em contrato que a seguradora deverá integrar em dinheiro, em caso de sinistro no município. Observou-se que o alto valor de indenização pago pelas seguradoras pode contribuir para o pouco desenvolvimento deste ramo por parte da iniciativa privada em Sergipe. Por exemplo, para o município de Neópolis que é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar no Estado de Sergipe e como visto apresenta maior risco de perda, a previsão é de que a seguradora pagará uma indenização no valor de R\$ 19,43 por hectare de acordo com GAM Spline, enquanto que empiricamente as seguradoras pagariam de indenização um valor de R\$ 303,88 reais por hectare, ou seja, valor empírico bem acima do valor modelado.

Tabela 4. Pagamentos esperados (em R\$/ha) por unidade de área da cultura de cana-de-açúcar para municípios de Sergipe, cobertura de 70%, entre os anos de 2001 a 2014.

Municípios	GAM Spline	Empírico
Capela	12,27	313,60
Divina Pastora	6,51	312,91
Laranjeiras	8,27	314,74
Neópolis	19,43	303,88
Nossa Senhora das Dores	13,45	290,86
Santa Rosa de Lima	12,05	307,31
Santo Amaro das Brotas	13,72	311,81
São Francisco	4,46	304,28
Siriri	12,25	294,00

Diversas abordagens foram utilizadas por diversos autores na busca de distribuição de probabilidade que melhor se ajustasse à produtividade agrícola, como por exemplo, a abordagem paramétrica, semi-paramétrica (KER e COBLE, 2003), não paramétrica (GOODWIN e KER, 1998; TURVEY e ZHAO, 1999) e a abordagem Bayes empírico não paramétrico (KER e GOODWIN, 2000).

Para este estudo foi utilizado o método não paramétrico por não ser necessário atribuir a priori uma determinada distribuição de probabilidade aos dados observados. Ao contrário, deixa que as observações revelem a forma da densidade. Outra vantagem desse método é a possibilidade de modelar dados que não seguem normalidade. Pesquisadores como Day (1965), Taylor (1990), Ramirez (1997), Ramirez et al. (2003), encontraram evidências contra a normalidade da produtividade agrícola.

Neste trabalho foram utilizados os dados de produtividade municipal, assim o seguro teria as mesmas taxas e valores estimados de indenização dentro do município não conside-

rando as diferenças de produtividade e risco de perda de cada fazenda. Sendo uma das maiores dificuldades encontradas na realização deste estudo, a falta de banco de dados consistente e consolidado por fazendas.

Destaca-se que o modelo não paramétrico GAM com alisamento spline foi proposto como uma alternativa para modelar dados de produtividade agrícola que, até o momento, não foi considerado para fazer estimativas dos pagamentos esperados do seguro. Pode-se concluir que o modelo revelou-se justo para estimar valores esperados de pagamentos do seguro agrícola para a produtividade de cana-de-açúcar nos municípios de Sergipe.

Espera-se que os resultados encontrados ajudem com melhores ajustes de modelos para efetuar o cálculo da precificação de seguro agrícola; proporcionando, assim, um planejamento adequado nos futuros pagamentos das seguradoras ao setor rural e, ainda, uma avaliação mais criteriosa na escolha do método de obtenção do seguro agrícola. Além de que os resultados deste trabalho poderão beneficiar o mercado segurador como um todo para estabelecer um prêmio justo e tornar-se forma de incentivo a contratação do seguro agrícola por parte dos produtores da região nordeste do país e em especial o Estado de Sergipe.

7. CONCLUSÕES

- ✓ Houve indícios que o modelo GAM com alisamento spline proposto como alternativa para modelar dados de produtividade agrícola que, até o momento, não tinha sido considerado para fazer estimativas dos pagamentos esperados do seguro, revelou-se competitivo.
- ✓ Pode-se concluir que o modelo revelou-se justo para estimar valores esperados de pagamentos do seguro agrícola para a produtividade de cana-de-açúcar nos municípios sergipanos estudados.
- ✓ E que tais resultados, através das metodologias propostas, podem beneficiar os produtores de Sergipe com a redução do risco proveniente do seguro, devido ao possível desenvolvimento deste ramo no Estado por parte das entidades privadas, em consequência de ter observado que a indenização paga pelas seguradoras deveria ser menor.

BIBLIOGRAFIA

AGRA, N. G.; SANTOS, R. F. Agricultura Brasileira: situação atual e perspectivas de desenvolvimento. In: **XXXIX Congresso da Sober**, 2001. Disponível em: <http://www.gp.usp.br/files/denru_agribrasil.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2016.

ATWOOD, J. et al. Are crop yields normally distributed?: a reexamination. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 85, n. 11, p. 888-901, Nov. 2003.

BRASIL. **Decreto – lei nº 9.735, de 04 de setembro de 1946**. Consolida a legislação relativa ao Instituto de Resseguros do Brasil e dá outras providências.

BRASIL. **Decreto nº 175, de 10 de maio de 1991 e Resolução nº 1.855, de 14 de agosto de 1991**. Dispõe sobre o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro), instituído pela Lei nº 5.969, de 11 de dezembro de 1973, e a que se referem às disposições do Capítulo XVI da Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, e dá outras providências.

BRASIL. **Decreto nº 5.121, de 29 de junho de 2004**. Regulamenta a Lei nº 10.823, de 19 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a subvenção econômica ao prêmio do Seguro Rural e dá outras providências.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.420/2002**. Cria o Fundo Garantia-Safra e institui o Benefício Garantia-Safra, destinado a agricultores familiares vitimados pelo fenômeno da estiagem, nas regiões que especifica. (Redação dada pela Lei nº 10.700, de 9.7.2003)

BRASIL. **Lei nº 10.823, de 22 de dezembro de 2003**. Dispõe sobre registro, posse e comercialização de armas de fogo e munição, sobre o Sistema Nacional de Armas – Sinarm, define crimes e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 12.058, de 13 de outubro de 2009**. Dispõe sobre a prestação de apoio financeiro pela União aos entes federados que recebem recursos do Fundo de Participação dos Municípios – FPM.

BRASIL. **Lei nº 2.168, de 11 de janeiro de 1954**. Estabelece normas para instituição do seguro agrário.

BNDES - Atuação da Área de Infraestrutura Social do BNDES na região Nordeste do Brasil, 2014. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/5268/1/Atua%C3%A7%C3%A3o%20da%20%C3%81rea%20de%20Infraestrutura%20Social%20do%20BNDES_2_P.pdf>. Acesso em: 10 set. 2016.

CARRIQUIRY, M. A., BABCOCK, B. A. e HART, C. E. Using a farmer's beta for improved estimation of expected yields. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 33, p. 52-68, 2008.

CASTILHO, C.P.G. **Interceptação de chuvas na cultura da cana-de-açúcar (Saccharum Officinarumssp)**. 256 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, SP, 2000.

CLEVELAND, W.S. Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots, **J. Amer. Statist. Assoc.**, 1979, v. 74, n. 368, p. 829-836.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_18_14_27_15_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_16.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2016.

CUCOLO, E. **Norte e Nordeste perdem fôlego e viram lanterna da economia**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2016/03/1746914-norte-e-nordeste-perdem-folego-e-viram-lanterna-da-economia.shtml>>. Acesso em: 05 ago. 2016.

DANTAS NETO, J.; FIGUEREDO J.L. da C.; FARIAS, C.H. de A.; AZEVEDO, H.M.; AZEVEDO, C.A.V. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.10, n.2, p.283–288, 2006.

DAY, R. H. Probability distributions of field crop yields. **Journal of Farm Economics**, v.47, n. 3, p. 713-741, 1965.

DISMUKES, R. **Recent developments in crop yield and revenue insurance**. Agricultural Outlook, n.261, p.16-21, May 1999.

ESALQ. Seguro Agrícola: Modelagem Estatística e Precificação. 2008. Disponível em: <http://www.lce.esalq.usp.br/seguroagricola/Projetos.html>>. Acesso em: 06 ago. 2016.

FIGUEIREDO, C. S. Seguro agrícola. **Revista do IRB**, v. 54, n. 265, p. 41, dez. 1993.

FLORENCIO, L. A. **Engenharia de avaliações com base em modelos GAMLSS**. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: <http://www.repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/6227/arquivo616_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 jun. 2016.

GONÇALVES, N. F. M. **Bootstrap em modelos auto-regressivos aditivos generalizados**. 2009. 67 p. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

GOODWIN, B. K.; KER, A. P. Nonparametric estimations of crop yield distributions: implications for rating group-risk crop insurance contracts. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 80, p. 139-153, Feb. 1998.

GUIMARÃES, M. F.; NOGUEIRA, J. M.; **A experiência norte-americana com o seguro agrícola: lições ao Brasil?** Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, vol. 47, nº 1, jan/mar 2009.

HENNING, E.; OLIVEIRA A. **Avaliação do desempenho dos testes de normalidade do pacote nortest do R**. Congresso Latino-Iberoamericano e Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (Resumo), Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2012/pdf/arq0046.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3111&busca=1&t=2015-pib-cai-3-8-totaliza-r-5-9-trilhoes>> acesso em: 10 jun. 2016.

JARDIM FERREIRA, A. L. C.; FERREIRA, L. da R. Experiências internacionais de seguro rural: as novas perspectivas de política agrícola para o Brasil. **Econômica**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 131-156, jun. 2009.

KER, A. P.; COBLE, K. Modeling conditional yield densities. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 85, p. 291-304, 2003.

KER, A. P.; GOODWIN, B.K. Nonparametric estimation of crop insurance rates revisited. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 83, p.463-478, May 2000.

LIMA, P. L. de. **Modelos Aditivos Generalizados: aplicação a um estudo epidemiológico ambiental**. 2001. 125p. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MAIA, G. B. S. et al. Seguro agrícola: algumas experiências internacionais. **Informativo Técnico Seagri**, n. 1. Rio de Janeiro: BNDES, agosto de 2010.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Limites / Percentuais de Subvenção, 2016a**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/seguro-rural/limites-percentuais-de-subvencao>>. Acesso em: 05 set. 2016.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **PIB da agropecuária tem alta de 1,8% em 2015**, 2016b. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2016/03/pib-da-agropecuaria-tem-alta-de-1porcento-em-2015>>. Acesso em: 07 set. 2016.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Proagro, 2016c**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zonamento-agricola/proagro>>. Acesso em: 02 de set. de 2016.

NEVES, C. R. da; MIRANDA, E. F. Apoio Governamental ao Seguro Agrícola: um Paralelo entre Espanha e EUA. **Revista Brasileira de Risco e Seguro**, Rio de Janeiro v. 2, n. 4, p. 51-74. Out./mar., 2007.

NOVA CANA. **A produção de cana-de-açúcar no Brasil (e no mundo)**, 2009. Disponível em: < <https://www.novacana.com/cana/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo/>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

OZAKI, V. A.; **Métodos atuariais aplicados à determinação da taxa de prêmio de contratos de seguro agrícola: um estudo de caso**. 2005. 324 p. tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

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, Piracicaba, SP, vol. 47, nº 03, p. 549-567, jul/set 2009.

- 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.
- OZAKI, V.A.; Spatio-temporal modeling of agricultural yield data with an application to pricing crop insurance contracts. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v.90, n. 4, p. 951-961, Apr. 2008.
- PAULA, G. A. **Modelos de regressão com apoio computacional**, 2004. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~giapaula/mlgs.html>>. Acesso em: 24 nov. 2015.
- PIANA, C. F. B. et al. **Estatística Básica**, Versão Preliminar, Pelotas, 2009.
- PORTAL BRASIL. **PIB do agronegócio cresceu 1,8% em 2015**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/03/pib-do-agronegocio-cresceu-1-8-em-2015>>. Acesso em: 05 ago. 2016.
- 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: 20 jun. 2016.
- RAMIREZ O. A. Estimation and use of a multivariate parametric model for simulating heteroskedastic, correlated, non Normal random variables: the case of corn belt corn, soybean and wheat yields. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 79, p. 191-205, 1997.
- RAMIREZ, O. A.; MISRA, S.; FIELD, J. Crop-yield distributions revisited. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 85, n. 1, p. 108-120, 2003.
- RAMOS, R. C. O Seguro rural no Brasil: origem, evolução e proposições para aperfeiçoamento. **Revista Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 3, mar. 2009. P.5-16.
- ROCHA, J. P.V. **Programa garantia-safra: estudo da relação entre o volume de recursos aportados e a produção de grãos no Estado do Ceará (2009-2011)**. Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/5889/1/2013_dissert_jpvrocha.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2016.
- SANTOS, C. O. **A distribuição skew-normal como modelo para a produtividade de milho aplicada ao seguro agrícola**. 2011. 92 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- SÃO PAULO. **Decreto nº 10.554, de 04 de outubro de 1939**. Regula a forma de escrituração das importâncias correspondentes à venda de sementes de algodão aos lavradores, no presente exercício, e dá outras providências. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo.
- SÃO PAULO. **Lei nº 8.375, de 28 de outubro de 1964**. Cria na Secretaria da Agricultura, a Carteira Agrícola de Seguros contra a Geada para os Horticultores, Floricultores e Fruticultores do Estado de São Paulo. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo.
- 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 distribution. **American Journal of Agricultural Economics**, Saint Paul, v.86, nº 2, p. 406-419, Feb 2004.

SILVA, J. A., TEIXEIRA, M. D., & SANTOS, V. G. (novembro de 2013). Avaliação do Programa de Subvenção do Prêmio do Seguro Rural no Período 2006-2012. **Revista de Política Agrícola**. Ano XXIII, nº 1 – jan/fev/mar 2014.

TAYLOR, C. R. Two practical procedures for estimating multivariate non Normal probability density functions. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 72, p. 210-217, 1990.

THEODORO, A. D. **Expansão da cana-de-açúcar no Brasil: ocupação da cobertura vegetal do cerrado**. 2011, Araçatuba. FTA, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em tecnologia em Biocombustível) – Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2011.

TUDO SOBRE SEGUROS. **Por que o cálculo do preço do seguro rural é complexo?** Disponível em: <[http://www.tudosobreseguros.org.br/portal/pagina.php?l=608#por que o cálculo](http://www.tudosobreseguros.org.br/portal/pagina.php?l=608#por%20que%20o%20c%C3%A1lculo)>. Acesso em: 05 ago. 2016.

TURVEY, C. G.; ZHAO, J. P. **Parametric and non-parametric crop yield distributions and their effects on all-risk crop insurance premiums**. Guelph: University of Guelph, 1999. 19 p.

VEIGA CAPELA, M.; CAPELA, J. M. V. Elaboração de Gráficos Box-Plot em Planilhas de Cálculo. **Anais do Congresso de Matemática Aplicada e Computacional**, 2011. Disponível em: < <http://sbmac.locaweb.com.br/cmacts/cmac-se/2011/trabalhos/PDF/235.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2016.

VIANA, A. R; FERREIRA, J.M; FILHO, S.B.R. **Produção de cana-de-açúcar visando a sua utilização na alimentação de bovinos de leite**. Programa Rio Rural. Manual Técnico, 13p, 2012.

VIEIRA JUNIOR, P.A.; VIEIRA, A.C.P.; BUAINAIN, A.M. O Centro-Oeste brasileiro como fronteira agrícola. In: Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología Rural (ALASRU), 2006, VII, Quito/Equador. **Anais....** 2006. Disponível em: <<http://www.alasru.org/>>. Acesso em: 18 jan. 2015.

APÊNDICE

Comandos utilizados para modelar e ajustar os dados de produtividade de cana-de-açúcar no software R:

```
library(gam)
library(MASS)
cana=read.table(file.choose(), header=T)
attach(cana)
#CAPELA
m1<-gam(Capela ~ s(Ano), data=cana)
m1
summary(m1)
m2=coefficients(summary.glm(m1))
m2
summary(m2)
plot(m1,se=TRUE)
data(gam.newdata)
preplot(m1,newdata=gam.newdata)
predict(m1)
plot(predict(m1)) #ajustado
plot(Capela~Ano)
plot(Capela~Ano,pch=16,cex=1.5, xlab="Ano", ylab="Produtividade", main="Cana-de-
açúcar em Capela") #valor real
M1<-glm(Capela ~s(Ano),x=TRUE, y=TRUE)
m1<-gam(Capela ~ s(Ano), x=TRUE, y=TRUE)
M2<-npcmstest(model=m1, xdat = Capela, ydat = Ano)
summary(M2)
plot(Ano, Capela)
lines(Ano, fitted(m1))
```