

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

ALICE SILVA DUARTE

**ESTUDO ATUARIAL DO SEGURO AGRÍCOLA NO
ESTADO DE MINAS GERAIS.**

VARGINHA - MG

2019

ALICE SILVA DUARTE

**ESTUDO ATUARIAL DO SEGURO AGRÍCOLA NO ESTADO DE MINAS
GERAIS.**

Trabalho apresentado como fase final do Programa Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Atuariais

Orientador: Dr. Pablo Javier Grunmann

Orientadora: Dra. Cláudia Adam Ramos

VARGINHA - MG

2019

ALICE SILVA DUARTE

**ESTUDO ATUARIAL DO SEGURO AGRÍCOLA NO
ESTADO DE MINAS GERAIS.**

A Banca examinadora abaixo-assinada, aprova o trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Ciência Atuariais pelo Instituto de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal de Alfenas.

Trabalho aprovado em: 19/07/2019

Prof.: PhD Pablo Javier Grunmann

Instituição: Instituto de Ciências Sociais Aplicadas

Prof.: Dra Cláudia Adam Ramos

Instituição: Instituto de Ciências Sociais Aplicadas

Prof.: PhD Reinaldo Antonio Gomes Marques

Instituição: Instituto de Ciências Sociais Aplicadas

Prof.: Dr Leandro Ferreira

Instituição: Instituto de Ciências Sociais Aplicadas

VARGINHA - MG

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe Maria Vicentina, aos meus irmãos Maísa e Oswaldo Duarte e aos meus cunhados Keliton Mesquita e Plínio de Souza que apoiaram meus estudos, entenderam minhas ausências e não mediram esforços para que esse sonho se tornasse realidade.

Aos meus afilhados Livia e Daniel pela força dos sorrisos que, nos momentos difíceis oferecem um amor incondicional, puro e cheio de esperança, obrigado pelo carinho.

Ao meu namorado Thassio, pela confiança e força para seguir em frente dia após dia e por ter sido parceiro e paciente todo este tempo. Obrigado pelos cafés e por aguentar meus momentos de estresse e ansiedade. Sem você do meu lado esse trabalho não seria possível.

Agradeço também aos meus amigos, aos antigos e aos novos que me acolheram na universidade, em especial à Ana Carolina Orrico, Poliana Beneli, Juliana Barbara, Bruno de Souza e Gabriel Vitor, agradeço a vocês pelos sorrisos e pelo abrigo.

À Universidade Federal de Alfenas, todos os seus professores e funcionários quero deixar uma palavra de gratidão por ter me recebido de braços abertos e com todas as condições que me proporcionaram dias de aprendizagem muito ricos.

Aos meus orientadores, Cláudia Adam Ramos e Pablo Javier Grunmann, agradeço pelas manhãs, tardes, noites e madrugadas que passaram me orientando ao longo deste (e de outros) projetos. Obrigado por exigirem de mim mais do que eu imaginava ser capaz de fazer. Minha gratidão eterna a vocês pelos ensinamentos, pela amizade e principalmente pela inspiração. Por qualquer caminho que eu traçar na vida sempre lembrarei desse excelente guia que tive em forma de professores. Obrigada!

RESUMO

As mudanças climáticas são uma realidade. Um dos efeitos das mudanças climáticas é uma maior ocorrência de eventos extremos. Neste sentido, é esperado que a produção de café, que tem o estado de Minas Gerais como um dos seus maiores produtores (ORMOND, 1999), seja afetada por estas alterações do clima. O objetivo deste trabalho foi analisar sob o ponto de vista atuarial o seguro agrícola do café no estado de Minas Gerais, sendo o café responsável por grande parte do desenvolvimento econômico do estado. Buscou-se alcançar esse objetivo por dois caminhos, o primeiro consiste em esboçar um diagnóstico da relação entre o número de apólices contratadas e o de sinistros registrados (pagos) pelas seguradoras a partir da implantação do programa de subvenção proposto pelo Governo Federal observando também a frequência de eventos extremos no período; e o segundo caminho foi, para o mesmo período, utilizando os dados de produtividade do café, desenvolver uma análise espacial desta informação, já que ao trabalhar com seguro agrícola não é possível contar com a independência dos dados segurados. Foram utilizados ao longo da pesquisa dados de três fontes principais, o primeiro deles se trata de dados fornecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o segundo banco de dados contém os dados sobre precipitação no período disponibilizados pelo INEMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e o terceiro, disponibilizado pelo IBGE. Foi possível observar o decréscimo, de maneira geral, da amplitude da dependência espacial dos dados sendo importante para a seguradora desenvolver métodos que modelem o seguro de maneira a considerar essa dependência.

Palavras-chave: *Seguro Agrícola, Estatística Espacial, Eventos Extremos.*

ABSTRACT

The climate change is a reality. One of the effects of climate change is a higher occurrence of extreme events. In this sense, it is expected that coffee production, which has the state of Minas Gerais as one of its largest producers (ORMOND, 1999), will be affected by these climate changes. The objective of this work was to analyze from an actuarial point of view the coffee agricultural insurance in the state of Minas Gerais, being coffee responsible for much of the state economic development. This objective was achieved by two ways, the first one is to outline a diagnosis of the relationship between the number of policies contracted and the number of claims registered (paid) by the insurers from the implementation of the subsidy program proposed by the Federal Government, also observing the frequency of extreme events in the period; and the second way was, for the same period, using coffee productivity data, to develop a spatial analysis of this information, since when working with agricultural insurance it is not possible to rely on the independence of the insured data. Data from three main sources were used throughout the survey, the first of which is data provided by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA), the second database contains rainfall data for the period provided by INEMET (National Institute Meteorology) and the third, provided by IBGE. It was possible to observe a decrease, in general, of the amplitude of the spatial dependence of the data, being important for the insurer to develop methods that model insurance in order to consider this dependence.

Keywords: *Agricultural Insurance, Space Statistics, Extreme Events.*

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Sinistros envolvendo cultura de café em Minas Gerais de 2006 à 2016 relacionados à eventos climáticos. | 21 |
| Tabela 2 – Distância estimada para dependência espacial do rendimento médio do café. | 26 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Modelos de Semivariogramas | 17 |
| Figura 2 – Total de apólices contratadas para a cultura do café em Minas Gerais de 2006 à 2016. | 20 |
| Figura 3 – Mapa do total de Sinistros ocorridos por município envolvendo a cultura do Café entre os anos de 2008 e 2016. | 20 |
| Figura 4 – Frequência de eventos de precipitação que excedem o limiar u de 2006 à 2016. | 21 |
| Figura 5 – Semivariogramas do Rendimento médio do café de 2008 à 2017 com ajuste (modelo esférico). | 25 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 10 |
| 2.1 | Seguro | 10 |
| 2.1.1 | <i>O Seguro no Brasil</i> | 11 |
| 2.1.2 | <i>Seguro Agrícola</i> | 11 |
| 2.2 | Referencial na área | 13 |
| 3 | METODOLOGIA | 14 |
| 3.1 | Banco de Dados | 14 |
| 3.2 | Métodos de Estatística Espacial | 14 |
| 3.2.1 | <i>Índice de Moran</i> | 15 |
| 3.2.2 | <i>Variograma</i> | 16 |
| 4 | RESULTADOS | 19 |
| 4.1 | Seguro Agrícola do Café em MG | 19 |
| 4.2 | Análise Espacial do Rendimento do Café em MG | 22 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 27 |
| 6 | APÊNDICE A | 31 |
| 7 | APÊNDICE B | 32 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café, além de ser o segundo maior consumidor mundial do grão. Só em 2018 a produção foi de 58,04 milhões de sacas (de 60 quilos) de café beneficiado, das quais mais da metade, ou seja, 30,7 milhões de sacas, foram produzidas no estado de Minas Gerais (CONAB, 2018).

Atualmente, são do sul de Minas Gerais as cidades que mais produzem café especial no Brasil, sendo que 80% delas tem sua economia majoritariamente impulsionada pelo cultivo do grão (CONAB, 2018). Isso significa que o café está na base da economia do Sul e Sudoeste de Minas, colocando-se como importante fonte de emprego e renda para milhares de mineiros. Tal vínculo econômico torna a região vulnerável às variações da produtividade do grão, uma vez que a atividade agrícola, além de ser responsável por uma parte significativa do PIB, afeta direta e indiretamente outros setores da economia, tais como o comércio e a indústria (PROCAFÉ, 2019; OZAKI, 2007).

Neste contexto, é natural e importante que se invista em alternativas que minimizem os efeitos negativos de quedas bruscas na produção do café. Uma destas alternativas está na contratação de seguro agrícola, cujo papel é transferir parte dos riscos das perdas nas lavouras para uma seguradora, compartilhando, quando ocorrem, os prejuízos e minimizando com isso as consequências negativas deles.

No entanto, os riscos que as seguradoras estão dispostas a assumir nesta modalidade de seguro são mais limitados que os habituais. Isso ocorre porque a produção agrícola apresenta forte dependência do clima tornando-a vulnerável a eventos extremos, cujas medidas para evitar suas consequências negativas são bastante restritas. Em razão disso é que algumas empresas restringem a cobertura de danos ocasionados por estes eventos, pois eles, além de gerar prejuízos de grande monta, afetam extensas áreas de uma mesma região podendo incidir, simultaneamente, sobre muitos segurados (propriedades).

Diante do panorama em que se tinha: por um lado, produtores de café buscando por mecanismos de minimização dos riscos/prejuízos em suas propriedades, mas não contratando seguros agrícolas porque eram caros e não proviam a cobertura necessária; e, por outro lado, as seguradoras tendo que enfrentar os desafios de lidar com o risco sistêmico¹ presente no seguro agrícola, além da baixa adesão ao produto, por parte dos agricultores; o Governo Federal criou em 2005 o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR).

¹ Risco sistêmico é aquele que afeta a confiança de diversas instituições de um mesmo segmento, podendo evoluir para uma reação em cadeia e afetar a economia como um todo. Trata-se de um risco difícil de controlar, ainda que sua identificação possa ser relativamente simples (OABPREV, 2014). No caso do ramo de seguro rural o risco sistêmico pode levar à falência de seguradoras em decorrência da correlação espacial existente entre as lavouras/propriedades (segurados) (MIRANDA & GLAUBER, 1997).

O programa proposto foi tal que o governo tornou-se responsável por arcar com uma parcela dos custos de aquisição do seguro agrícola (BRASIL, 2004). Apesar do efeito positivo deste incentivo, com o aumento no número de segurados contratando e de seguradoras ofertando o produto, ainda se tem muitos produtores sem seguros agrícolas e muitas seguradoras que não conseguem cobrir alguns riscos importantes para o agricultor.

Tem-se então que este trabalho insere-se neste contexto. O objetivo do estudo aqui apresentado foi, sob a perspectiva atuarial, analisar o seguro agrícola da cultura do café no estado de Minas Gerais. Buscou-se alcançar tal objetivo por meio de dois caminhos que se complementam: o primeiro foi esboçar um diagnóstico da relação entre o número de apólices contratadas e o de sinistros registrados (pagos) pelas seguradoras desde a implantação do programa de subvenção proposto pelo Governo Federal; e o segundo caminho foi, para o mesmo período, utilizando os dados de produtividade do café, desenvolver uma análise espacial desta informação, já que ao trabalhar com seguro agrícola não é possível contar com a independência dos dados segurados.

Em comum nos dois "caminhos" descritos acima estão os eventos climáticos. Ao relacionar seguros contratados com apólices pagas tentou-se verificar, paralelamente, se era possível relacionar os registros de sinistros com a ocorrência de episódios de secas, geadas e/ou chuvas intensas. Por outro lado, são os eventos vinculados ao clima os responsáveis pela dependência (espacial) entre os segurados de seguros agrícolas, fazendo com que a produtividade de propriedades adjacentes exibam certa relação entre si.

O estudo acima proposto foi organizado, e será apresentado, obedecendo a seguinte estrutura:

- **Capítulo 2 Referencial Teórico:** Traz um breve histórico do seguro agrícola no Brasil, em especial durante o período do PSR. Adicionalmente, descreve alguns trabalhos importantes desenvolvidos, e utilizados como referência nesta área de estudo.
- **Capítulo 3 Metodologia:** Neste capítulo são apresentados os métodos estatísticos utilizados, além de ser apresentada uma descrição dos dados utilizados no trabalho.
- **Capítulo 4 Seguro Agrícola do Café em MG:** É neste capítulo que é apresentada a relação entre apólices contratadas e sinistros pagos referentes à cultura do café no estado de Minas Gerais.
- **Capítulo 5 Análise Espacial da Produtividade de Café em MG:** aplicação de métodos de estatística espacial sobre os dados de produtividade do café, para o período entre 2008 e 2017.
- **Capítulo 6 Conclusões:** Considerações finais, a partir da pesquisa desenvolvida, e perspectivas de estudos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo possui duas metas centrais: a primeira é descrever a evolução do seguro rural, em especial do seguro de café, desde o surgimento desta modalidade de seguro no Brasil até o ano de 2017, com enfoque especial no período de atividade do Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural, PSR, criado em 2006 (sessão 2.1).

A segunda etapa deste capítulo cita alguns trabalhos em que a estatística espacial foi aplicada em dados atuariais (com destaque especial ao estudo que serviu de inspiração para este trabalho: "Análise espacial da produtividade agrícola no Estado do Paraná: implicações para o seguro agrícola" (OZAKI, 2008)) e também outros que analisaram a relação entre o número de contratos de seguros e pagamentos por sinistros.

2.1 Seguro

Segundo Oliveira (1982) “quando todas as ocorrências possíveis de uma certa variável se encontram sujeitas a uma distribuição de probabilidade conhecida através de experiências passadas, ou que pode ser calculada com algum grau de precisão, diz-se que existe risco associado”. Correr riscos faz parte do cotidiano de todos. Desde a pré história o homem mostra sinais de tentar prevenir, distribuir, e até mesmos transferir, esses riscos para outras pessoas. O seguro surge, portanto, como um mecanismo onde a seguradora se obriga, mediante pagamento de um prêmio, a assumir o risco do segurado, colocando-se a indenização como a forma de compensar o segurado quando da ocorrência do evento indesejado (sinistro).

A ideia de prevenir-se de riscos remonta séculos antes de Cristo, quando comerciantes firmaram um acordo no qual todos eles uniriam-se para pagar/restituir àqueles que perdessem seu camelo durante a travessia dos desertos (LUCCAS, 2011). Essa prática de unir-se para constituir uma reserva econômica, com o objetivo de dividir o risco de um acontecimento incerto, é chamada de mutualismo (DE SOUZA, 2007).

A expansão do mercantilismo criou condições para a expansão do comércio, por meio das grandes navegações. Preocupados em perder a mercadoria durante as viagens, os comerciantes criaram uma operação chamada "Contrato de Risco Marítimo", em que vários comerciantes se uniam com a finalidade de diluir os prejuízos econômicos envolvidos nas viagens. No entanto, fazia-se necessária a criação de outros mecanismos de proteção ao comércio. Em resposta a isso surgiu, em 1347, o primeiro Seguro Marítimo. Nele, um segurador assumia o risco financeiro de uma dada operação, mediante pagamento de um valor (SOUZA, 2017; CARDOSO, 2016).

2.1.1 O Seguro no Brasil

Os seguros foram introduzidos no Brasil em 24 de fevereiro de 1808 através da Companhia de Seguros Boa-Fé, que operava no ramo de seguro marítimo. Nesta época os seguros eram regulados pelas leis portuguesas, permanecendo assim até o ano de 1850, com a criação do "Código Comercial Brasileiro"(Lei nº 556, de 25 de junho de 1850). A partir de então, o seguro marítimo passou a ser estudado e regulado em todos os seus aspectos, o que fomentou o aparecimento e crescimento de outras seguradoras (SUSEP, 1997).

Por volta de 1862, surgiam as primeiras filiais estrangeiras, no século XX já havia mais de 60 seguradoras atuando no Brasil, sendo a maioria delas no ramo marítimo. Então, com a finalidade de fiscalizar as operações de seguro, foi criada em 1901 a Superintendência Geral de Seguros (DE SOUZA, 2007).

Em 1917, com a publicação do Código Civil Brasileiro, foram estabelecidas as normas para os contratos de seguros e definidas as obrigações do segurado e do segurador, com os seguros terrestres recebendo uma regulamentação específica (BRASIL, 1916). A partir daí o número de contratos de seguros foram aumentando, em especial na década de 70 que, com a abertura do mercado nacional e chegada ao país empresas multinacionais, teve um aumento na competitividade e o desenvolvimento de novas formas de comercialização do produto (DE SOUZA, 2007).

Existe atualmente diversos ramos de seguro, sendo os mais comuns: seguros de automóveis, seguro de vida, seguro de residência, seguro saúde, seguro viagem, seguro de responsabilidade civil e o seguro rural.

De acordo com a SUSEP, por "Seguro Rural" entende-se o conjunto de todas as modalidades do ramo rural, tais como: agrícola, pecuário, aquícola, benfeitorias e produtos agropecuários, penhor rural, florestas, vida e cédula do produtor rural (SUSEP, 1997). Sendo o primeiro deles, seguro agrícola, o foco deste trabalho.

2.1.2 Seguro Agrícola

O seguro agrícola protege o segurado contra perdas (nas lavouras) decorrentes, principalmente, dos fenômenos meteorológicos. Ele cobre basicamente a vida da planta, desde sua emergência até a colheita. A cobertura refere-se à maioria dos riscos de origem externa, como por exemplo: geadas, chuvas excessivas, ventos fortes, secas, incêndios, enchentes, granizo, raio, tromba d'água entre outros. Em síntese, o objetivo do seguro Agrícola é garantir a vida da planta do plantio até a colheita.

O primeiro registro/contratação de seguro agrícola foi no Estado de São Paulo, no final da década de 1930, por meio do seguro contra granizo (OZAKI, 2008). Apesar disso, foi somente em 1948 que o Senado aprovou um projeto de lei em que foram estabelecidas as bases/diretrizes para o seguro agrícola no Brasil (OZAKI, 2005). Parte do texto deste projeto

discutido no Senado, posteriormente, se transformou na Lei nº. 2.168/54 que instituiu o seguro agrário, destinado à preservação das colheitas e dos rebanhos contra a eventualidade de risco, e também o IRB (Instituto de Resseguros do Brasil) como o ressegurador desta modalidade de seguro (BRASIL, 1954).

Diferentemente de outras modalidades, o seguro rural preocupa-se não apenas com o produtor, mas também com as instituições que o operam. Isso ocorre em razão das indenizações, além de ter valores altos, poderem estar correlacionados (por exemplo, a falta de chuva na época de crescimento dos grãos pode afetar várias propriedades de uma região, fazendo com que as seguradoras responsáveis por estas lavouras tenham grande dispêndio econômico e o mutualismo não seja capaz de constituir uma reserva econômica para dividir um risco).

Não levar em consideração as peculiaridades de cada região foi, de acordo com Almeida (2007), a razão da dissolução em 1966 da Companhia Nacional de Seguro Agrícola (CNSA) e da instituição do Sistema Nacional de Seguros Privados (SNSP) e do Fundo de Estabilidade do Seguro Rural (FESR), criados com o objetivo de garantir a estabilidade das operações do ramo rural.

No início a FESR atuava praticamente só no estado de São Paulo, sendo as exceções alguns grandes produtores de outros estados da região Sul. Assim, em 1973, o governo criou o Programa de Garantia da Atividade agropecuária (Proagro) para possibilitar, principalmente aos pequenos e médios produtores rurais, o pagamento do financiamento de custeio agrícola daqueles produtores cuja lavoura tivessem passado por sinistro associado a fenômenos naturais, pragas e doenças (MEDEIROS, 2013).

O seguro agrícola no Brasil demorou a se desenvolver, seja pelas dificuldades já apresentadas, seja pela falta de cultura do produtor rural em contratar o seguro, justificada por entender este produto como um "custo a mais" para a produção (ALMEIDA, 2007). Somado à isso, devido à falta de recursos, o FESP não deu estabilidade necessária para o mercado de seguro rural no período entre 1966 a 2005. A consequência foi um cenário com prejuízos de até R\$ 220 milhões e algumas seguradoras deixando de operar no ramo.

Para mudar este panorama, o governo federal aprovou a lei Nº 10.823/2003 autorizando a concessão de subvenção econômica ao prêmio do seguro rural, criando assim o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural - PSR (BRASIL, 2004). Este programa foi então ampliado pelo Plano Agrícola e Pecuário 2006-2007 aumentando o número de culturas contempladas¹ e elevando o valor máximo que o produtor poderia receber. A consequência foi a reversão ao movimento de queda no mercado de seguro rural brasileiro (ALMEIDA, 2007).

¹ por exemplo, a cultura do café só passou a ter seu seguro subsidiado a partir de 2008

2.2 Referencial na área

De acordo com Teixeira & Scalon (2016) a utilização de estatística espacial para lidar com dados atuariais ainda é insipiente, o que reforça a ideia de que são relevantes estudos nesta área. Apesar de escassos, existem estudos sobre o comportamento do seguro rural e investigações sobre os fatores que afetam o cálculo do prêmio do seguro agrícola. Assim, nesta seção, serão reportados alguns materiais que tratam de assuntos mais diretamente associados com o que foi tratado neste trabalho.

Uma pesquisa desenvolvida em 2016 (CARDOSO, 2016) aplica a Análise Espacial de Dados de Áreas para a detecção e visualização da dependência espacial em dados de seguro agrícola comprovando a existência de uma relação direta entre prêmio e sinistro, sendo a dependência espacial significativa na região sul do Brasil. Podendo a estatística espacial ser uma ferramenta importante na precificação do seguro agrícola.

Adicionalmente, Vitor Ozaki (2008) analisou dados de produtividade agrícola nas culturas de soja e milho do estado do Paraná utilizando estatística espacial para estimar alguns parâmetros do semivariograma que são relevantes para o estudo do risco sistêmico esse tipo de estudo, sob ótica atuarial, pode ser de grande utilidade na verificação da produtividade esperada causando impactos diretos na precificação de contratos agrícolas.

3 METODOLOGIA

3.1 Banco de Dados

O presente trabalho foi desenvolvido utilizando informações de três bancos de dados. O primeiro deles, disponibilizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), continha a relação, para os municípios de Minas Gerais, da quantidade de contratos firmados e sinistros ocorridos entre os anos de 2008 e 2016. Os dados referem-se às cinco seguradoras que comercializam seguro agrícola para a cultura do café e que estão vinculadas ao PSR.

Apesar do PRS ter sido instituído em 2006, foi somente a partir de 2008 que o plano do governo passou a ser aplicado para o seguro de café. Esta foi a razão da série de dados adotada nesta pesquisa ter sido os registros de 2008 até 2016. A exceção foi no Capítulo 4, e que pode ser visualizada nas figuras 2 e 4, a utilização dos dados de contratos de seguro agrícola dos anos de 2006 e 2007. Optou-se por utilizar as informações deste período para destacar o quão baixa era a contratação de seguros antes do incentivo do PSR.

O segundo banco contém os registros da precipitação diária (em mm) registrada pela estação meteorológica instalada na cidade de Lavras, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Este banco de dados foi utilizado no Capítulo 4 com o objetivo de relacionar a frequência de eventos de precipitação extrema, dado um limiar pré-fixado, com a quantidade de sinistros ocorridos em cada ano.

Já o terceiro banco de dados, fornecido pelo IBGE, foi constituído por dados do rendimento médio do café (em quilogramas por hectare) para o período de 2008 à 2017. Utilizar o rendimento médio foi a opção adotada para lidar, efetivamente, com a produção do grão, já que a utilização do rendimento total pode não ser precisa. Por exemplo, é possível que o rendimento total seja menor de um ano para outro devido a diversificação da cultura, o que não significa que a produção do café em si foi ruim.

Os dados foram tratados e modelados através do software livre R, pela plataforma R - Studio (R, 2014). Cabe ressaltar que, por se tratar de uma análise espacial, cada informação utilizada para o cálculo dos variogramas está ligada as coordenadas do centróide dos municípios mineiros, ou seja, o banco de dados é de uma classe de pontos espaciais ligadas as coordenadas de latitude e longitude dos seus centróides.

3.2 Métodos de Estatística Espacial

A estatística espacial é a área da estatística que estuda o comportamento das variáveis que estão relacionadas a coordenadas geográficas. Ela consiste em um conjunto de técnicas

de análise de dados em que o objeto de estudo são fenômenos cujo endereçamento no espaço é importante e cuja localização pode ser associada/modelada por polígonos (CÂMARA, et al. 2004).

De acordo com Câmara (2004), os primeiros indícios de incorporação da estatística espacial na modelagem de fenômenos foi realizada no século XIX, por John Snow, no monitoramento de uma das várias epidemias de cólera em Londres. Na ocasião, o estudo se deu através da localização da residência dos óbitos ocasionados pela doença e das bombas de água que abasteciam a cidade.

A estatística espacial lida tanto com dados ambientais quanto socioeconômicos, e tem como finalidade a escolha de um modelo que considere, de maneira explícita, o relacionamento espacial entre os eventos. Esse processo de modelagem pode ser dividido em duas fases: a primeira delas é a fase exploratória dos dados (apresentação visual, mapas); já a segunda, trata da identificação de padrões de dependência do fenômeno em estudo (CARVALHO, 2004).

O trabalho aqui desenvolvido explora duas áreas da estatística espacial: a análise espacial de dados de área (que estrutura a correlação espacial) e a análise de superfícies, que tem como objetivo modelar a variabilidade espacial dos dados.

No Capítulo 4 foram utilizadas técnicas de estatística espacial para explorar os dados do número total de sinistros informados pelas seguradoras, vinculadas ao Ministério da Agricultura, que vendem seguro para lavouras de café. A técnica utilizada representa cada variável do estudo, no caso a quantidade de sinistros, como um valor ligado a um polígono fechado (que representa o município em questão). Na sequência foi definido como "vizinhos" aqueles polígonos que compartilham de pelo menos um segmento de reta, e então foram desenvolvidos/calculados tanto os mapas quanto o Índice de Moran.

No Capítulo 5 as ferramentas da análise espacial utilizadas foram o Índice de Moran e o Semivariograma. Assim, as próximas duas seções tratam destes dois métodos.

3.2.1 *Índice de Moran*

O Índice de Moran Local foi proposto por Anselin (1994) como uma ferramenta estatística capaz de detectar e, se for o caso, e estimar o grau de dependência espacial entre as variáveis. Este índice indica o grau de associação espacial presente no conjunto de dados.

O índice lida com estimativa de segunda ordem em que as variáveis geográficas (cidades, estados, países) são identificados pelo polígono que o forma, calculando assim a covariância espacial entre esses polígonos formados e vizinhança que o cerca.

O Índice Local de Moran é definido como o produto entre o resíduo no polígono de referência e a média local dos resíduos dos seus vizinhos. Desta maneira, ele pode ser escrito como:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad (3.1)$$

Onde:

w_{ij} = valor na matriz de vizinhança para a região i com a região j em função de uma distância d
 z_i e z_j = desvios e relação à média

A matriz w_{ij} define os vizinhos de um certo polígono. Esta matriz pode ser gerada de diferentes maneiras, ou seja, existem várias possibilidades de determinação de quem são ou não vizinhos.

Em síntese, o índice de Moran coloca-se como um teste cuja hipótese nula é a independência espacial. Valores positivos indicam correlação direta, enquanto que valores negativos indicam correlação inversa. O resultado obtido pela equação 3.1 é significativo caso os dados sejam estacionários, caso contrário, ele perde seu significado.

3.2.2 Variograma

Outra técnica utilizada para estudar a dependência espacial dos dados foi uma ferramenta geoestatística denominada semivariograma. Um semivariograma tem como objetivo determinar padrões espaciais e por meio deles estimar a correlação espacial entre os dados.

Um semivariograma também pode ser definido como metade de um variograma. O variograma deve refletir as características espaciais do fenômeno em estudo, sendo a localização a principal componente para o cálculo dos variogramas experimentais (YAMAMOTO E LANDIM, 2013).

A função variograma é definida como a esperança matemática do quadrado da diferença entre os valores de pontos no espaço, separados por uma distância, e dada pela seguinte expressão:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \cdot \sum_{i=1}^n [Z(x+h) - Z(x)]^2 \quad (3.2)$$

Em que:

$\gamma(h)$ = Função variograma

n = É o numero de pares de pontos separados por uma distância h

$Z(x+h)$ = valor da variável regionalizada no ponto $x+h$

$Z(x)$ = valor da variável regionalizada no ponto x

A equação 3.2 mostra que, para uma dada distância h , a função variograma, que pode ser calculada como a média das diferenças ao quadrado, coloca-se como uma função da variân-

cia espacial. Para calcular um variograma experimental, faz-se necessário definir uma direção e uma distância (que são os dois parâmetros essenciais para o cálculo de um variograma).

Na prática, costuma-se usar os semivariogramas definidos pela metade de um variograma. A função semivariograma, que representa basicamente a hipótese intrínseca, é utilizada em Geoestatística para expressar a variabilidade espacial numa direção pré-definida (STURARO, 2015).

O semivariograma constitui-se no gráfico das semivariâncias das diferenças dos valores experimentais, situados a intervalos regulares. Em condições estacionárias, o valor médio esperado é constante ou zero, o que reduz o semivariograma à média quadrática das diferenças dos valores experimentais (CLARK, 1979).

A figura abaixo compara os modelos mais utilizados de semivariograma, dos quais o modelo esférico é o mais comum.

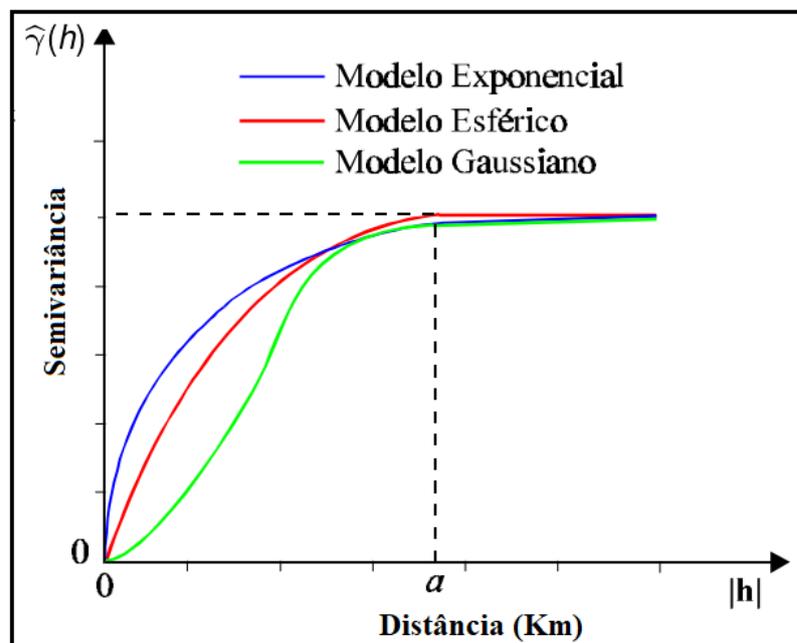


Figura 1 – Modelos de Semivariogramas

Ainda sobre a Figura 1, deve-se observar que o alcance " a " é a distância a partir da qual os dados passam a ser independentes, ou seja, para $0 < x_i < a$ os dados estão correlacionados espacialmente e para $x_i > a$ os dados podem ser considerados independentes.

Em um estudo feito com dados de soja e milho cultivados no Paraná Ozaki (2008) ajustou diversas funções de correlação (5 para cada semivariograma, totalizando 130) e optou por usar a função esférica por ser o estimador de máxima verossimilhança. Sendo assim, ao longo desta pesquisa o modelo utilizado para estimar os semivariogramas é o modelo esférico.

Em síntese, um semivariograma pode ser definido como uma ferramenta de suporte básico para as técnicas de Krigagem, pois representa quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço (CAMARGO, 2004).

Para a realização desta pesquisa os semivariogramas foram utilizados para modelar o rendimento médio da produção de café no estado de Minas Gerais.

4 RESULTADOS

4.1 Seguro Agrícola do Café em MG

O café, diferentemente de outros grãos, tem um ciclo fenológico de dois anos (bienalidade). Durante este período seu desenvolvimento passa por 6 fases, sendo duas delas vegetativas e quatro reprodutivas (CAMARGO, A. D; CAMARGO, M. D, 2001). Cada uma destas fases possuem forte dependência das condições climáticas. Cabe destacar que o ciclo se inicia com o pé de café já em estado adulto, o que ocorre, geralmente, após dois anos do plantio da muda.

Devido aos diversos riscos envolvidos no cultivo, algumas seguradoras, apesar de oferecerem o seguro, excluem certas coberturas da apólice. Elas fazem isso para evitar perdas financeira de grande monta que, em alguns casos, colocariam em risco a própria sobrevivência da companhia. O receio das empresas de seguros existe porque eventos climáticos catastróficos, quando ocorrem, atingem uma vasta extensão territorial. Isso significa que além da indenização a ser paga ser alta, corre-se o risco de ter que efetuar o pagamento para mais de um (diversos) segurados. O reflexo, no entanto, das exclusões de cobertura fazem com que alguns produtores prefiram não contratar um seguro, visto que este pode deixar de cobrir eventos que poderiam prejudicar sua produção.

A partir de 2006 foi desenvolvido pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) o Atlas do Seguro Rural. Este relatório possui dados das 10 seguradoras habilitadas a firmar contratos de seguro rural, sendo que 5 operam com café. A Figura 2 exhibe a quantidade total de apólices contratadas anualmente, depois da implementação do PSR.

Possivelmente o número baixo de apólices contratadas seja reflexo de uma cultura onde o produtor prefere correr o risco a transferi-lo para uma seguradora. Acredita-se que essa cultura tende a mudar com o aumento de eventos extremos e, conseqüentemente, das perdas relacionadas a eles.

Como nem todos os municípios são produtores de café, a próxima figura mostra, para o período analisado, o número total de sinistros ocorridos (associados à cultura do café, exclusivamente) em cada município de Minas Gerais. É possível observar uma maior concentração de sinistros nas regiões sul/sudoeste do estado. Isso se deve, provavelmente, por serem estas as maiores regiões produtoras de café e, naturalmente, mais exposta ao risco de sinistro em lavouras de café (inclusive por ter um maior número de apólices contratadas).

O Índice de Moran foi utilizado com o objetivo de confirmar se, de fato, os sinistros apontados pelo MAPA da Agricultura entre os anos de 2008 e 2016 podem ser considerados

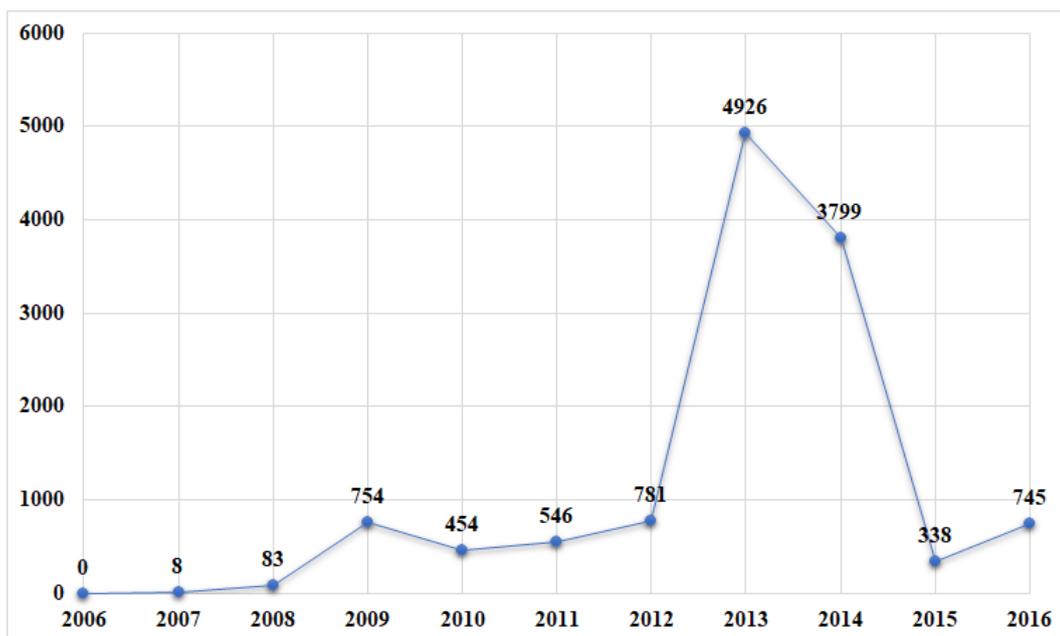


Figura 2 – Total de apólices contratadas para a cultura do café em Minas Gerais de 2006 à 2016.

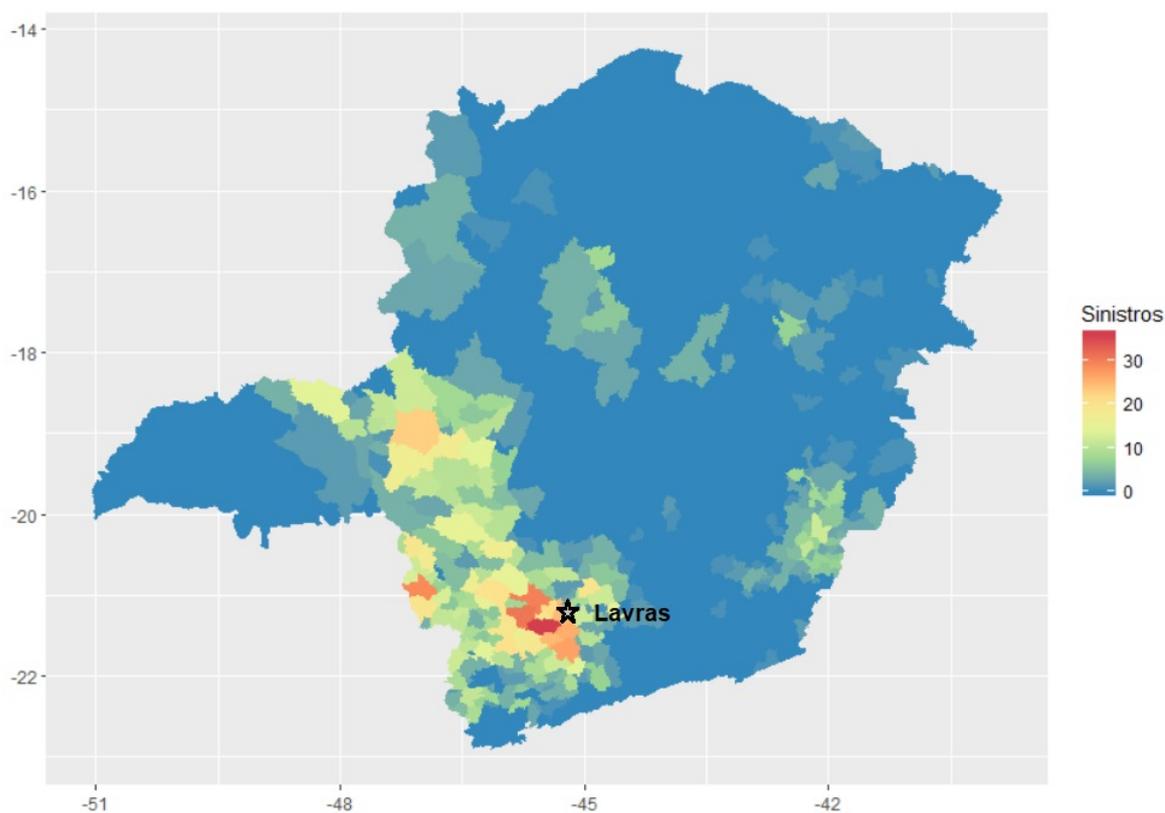


Figura 3 – Mapa do total de Sinistros ocorridos por município envolvendo a cultura do Café entre os anos de 2008 e 2016.

dependentes espacialmente. Para isso, os dados espaciais foram separados pela vizinhança (formação de polígonos vizinhos) e, em seguida, foi calculado o Índice de Moran rejeitando a hipótese de independência espacial ($p\text{-valor} = 2, 2e^{-16}$).

A figura 3 mostra a cidade de Lavras em destaque por se tratar da cidade, mais próxima

da região de maior concentração de sinistros, que possui dados de precipitação (por meio da estação meteorológica do INEMET). Trabalhar com estações meteorológicas é um desafio, uma vez que nem todas as cidades as possuem e aquelas que as têm não seguem nenhum padrão para o tratamento/registro da informação mensurada. Assim, a escolha por uma estação controlada pelo INEMET se deu para garantir a homogeneidade dos dados.

Com a finalidade de investigar se há relação entre a ocorrência de eventos climáticos extremos e os sinistros apontados pelo mapa mostrado na Figura 3, fez-se uma análise, cujos resultados são apontados na Figura 4, quantificando os eventos em que a quantidade de chuva ultrapassou o limiar "u" estabelecido. A frequência dos eventos extremos que possuem u como limiar foi calculada utilizando a expressão:

$$N_u = \sum_{i=0}^n 1_{(X_i > u)} \quad (4.1)$$

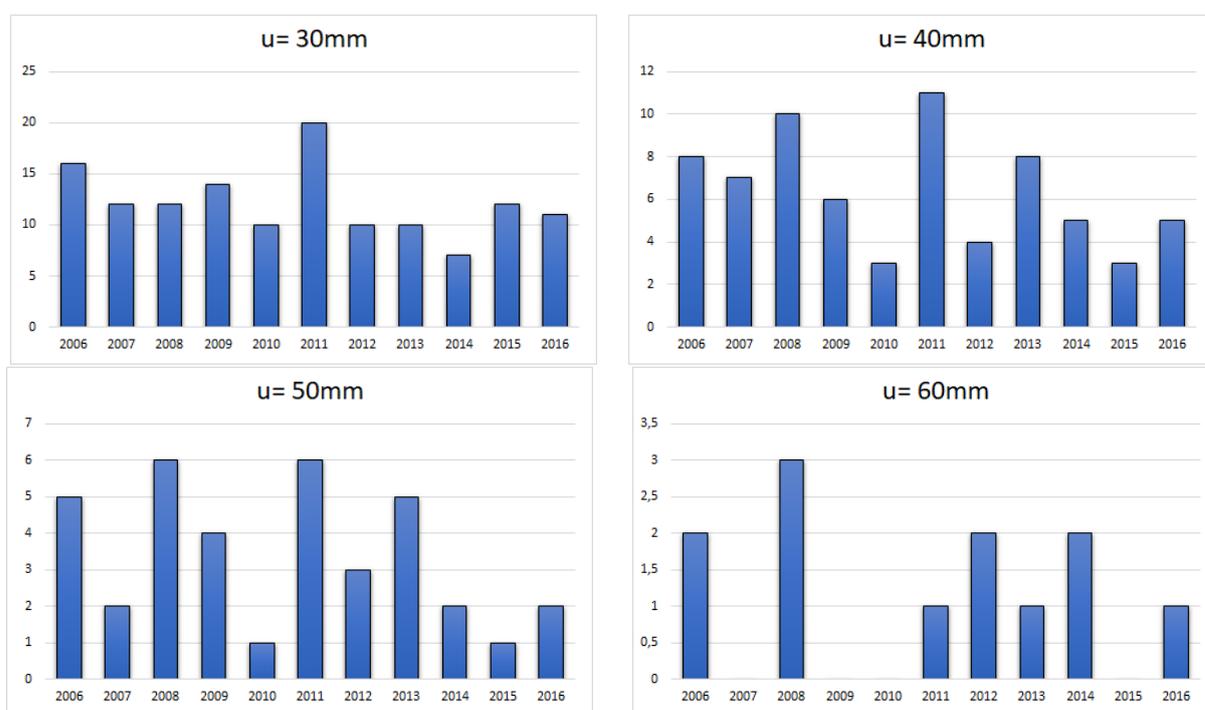


Figura 4 – Frequência de eventos de precipitação que excedem o limiar u de 2006 à 2016.

No que diz respeito aos sinistros ocorridos num mesmo ano, a Tabela 1 traz dados das seguradoras vinculadas ao MAPA, separados por ano. Cabe o destaque de que os eventos constantes na tabela são os mesmos que geraram a Figura 3.

| Ano | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Eventos | 0 | 0 | 2 | 10 | 3 | 8 | 5 | 50 | 60 | 11 | 19 |
| Apólices | 0 | 0 | 2 | 11 | 6 | 13 | 9 | 80 | 128 | 27 | 35 |

Tabela 1 – Sinistros envolvendo cultura de café em Minas Gerais de 2006 à 2016 relacionados à eventos climáticos.

Os resultados encontrados mostram uma possível relação espacial entre os sinistros ocorridos e a ocorrência eventos climáticos, ou seja, quando ocorre seca, por exemplo, este fenômeno não afeta apenas um único produtor, mas muitos, e em uma ampla extensão territorial (OZAKI, 2005).

Ao mesmo tempo que parece haver uma relação entre a precipitação e a quantidade de sinistros, como se pode perceber em 2014, em outros momentos, como em 2008, parece ocorrer o inverso. Algumas hipóteses para isso são a variação na contratação de apólices (isso pode se relacionar com a quantidade de sinistros reportados/pagos) que foi exposto na Figura 2; o período do ano em que ocorreu essas precipitações (talvez tenha ocorrido num momento do desenvolvimento da planta que não prejudicava muito a colheita/produção); e a escolha da estação meteorológica uma vez que o ideal seria para cada cidade analisar uma estação local.

4.2 Análise Espacial do Rendimento do Café em MG

A ideia deste capítulo foi, com base na produtividade média do café e usando técnicas de análise espacial de superfície, a exemplo do que fez Ozaki (2008), estimar o parâmetro de alcance da dependência espacial dos dados.

Como visto anteriormente, lidar com seguro agrícola pode ser desafiador uma vez que esse tipo de seguro não cumpre as condições de segurabilidade principalmente no que diz respeito a independência dos dados. Diversos fatores dificultam o avanço da atividade seguradora no ramo agrícola, desde problemas relacionados a assimetria de informação até problemas relacionados a metodologia adequadas de precificação (OZAKI, 2005). Essas condições de segurabilidade são (BOOTH5 et al., 1999; HART et al., 1996; REDJA, 1995; SKEES e BARNETT, 1999; TROWBRIDGE, 1989; apud OZAKI, 2007):

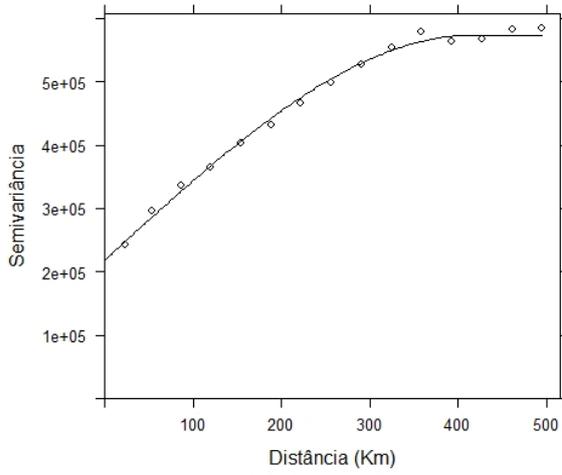
- A perda esperada deve ser calculável;
- As circunstâncias de uma perda devem ser bem definidas, além disso, devem ser não intencionais e acidentais;
- Deve haver um grande número de unidades expostas, homogêneas e independentes;
- O prêmio deve ser economicamente viável;
- Não haja perda catastrófica.

No entanto, segundo Ozaki (2007), ao lidar seguro agrícola todas essas condições são violadas, em maior ou menor intensidade, fazendo com que seja difícil operar neste mercado. Os próximos resultados dizem respeito ao terceiro item, como na Figura 2, a quantidade de apólices contratadas no estado de Minas Gerais varia irregularmente ao longo dos anos. Contudo essas apólices não podem ser consideradas independentes, principalmente no que diz respeito

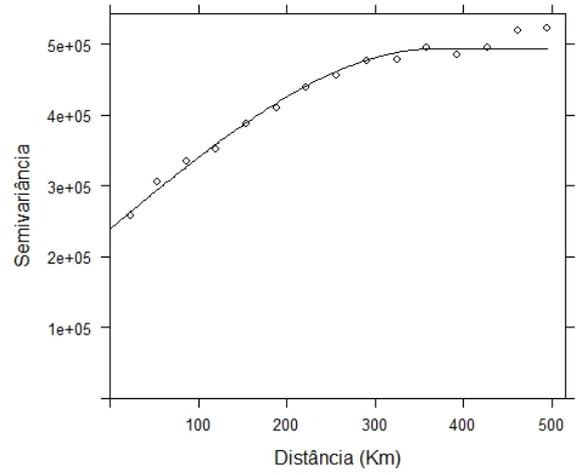
a dependência espacial, uma vez que a maioria dos eventos de perdas no café estão associadas à períodos de secas ou à chuvas extremas, e estas não afetam apenas uma propriedade mas sim toda a região onde ela se encontra.

No entanto essa dependência pode ser modelada através de semivariogramas, essa modelagem inclui a estimativa do alcance máximo do semivariograma que corresponde ao limite da dependência espacial dos dados. Sendo assim a figura a seguir (Figura 5) mostra através de semivariogramas experimentais de modelo esférico (Sph), uma dependência espacial dos dados de rendimento médio do café no estado de Minas Gerais, através desta figuras é possível observar que o alcance dos variogramas muda com o passar dos anos.

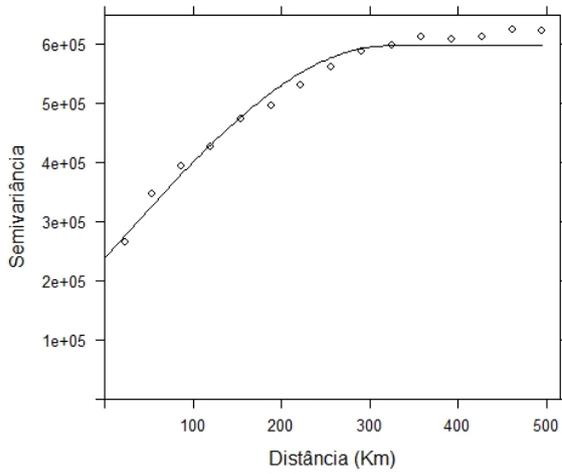
A - 2008



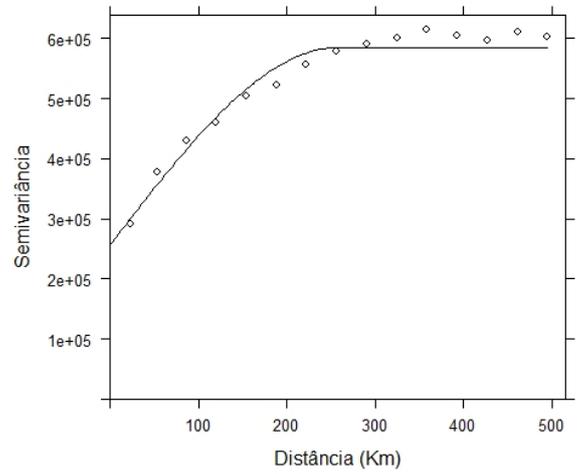
B - 2009



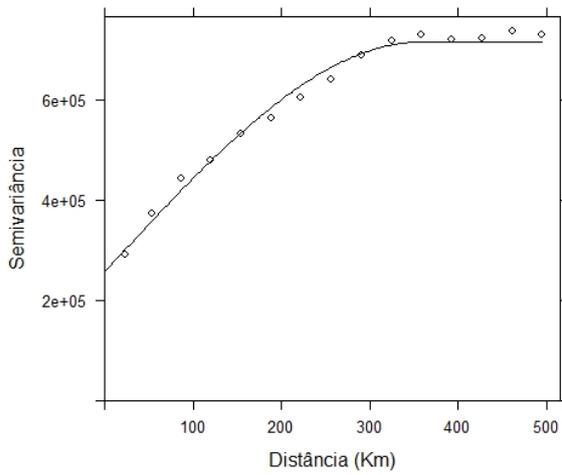
C - 2010



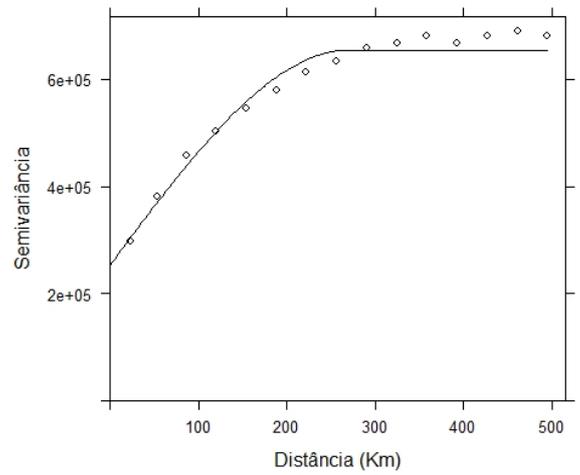
D - 2011



E - 2012



F - 2013



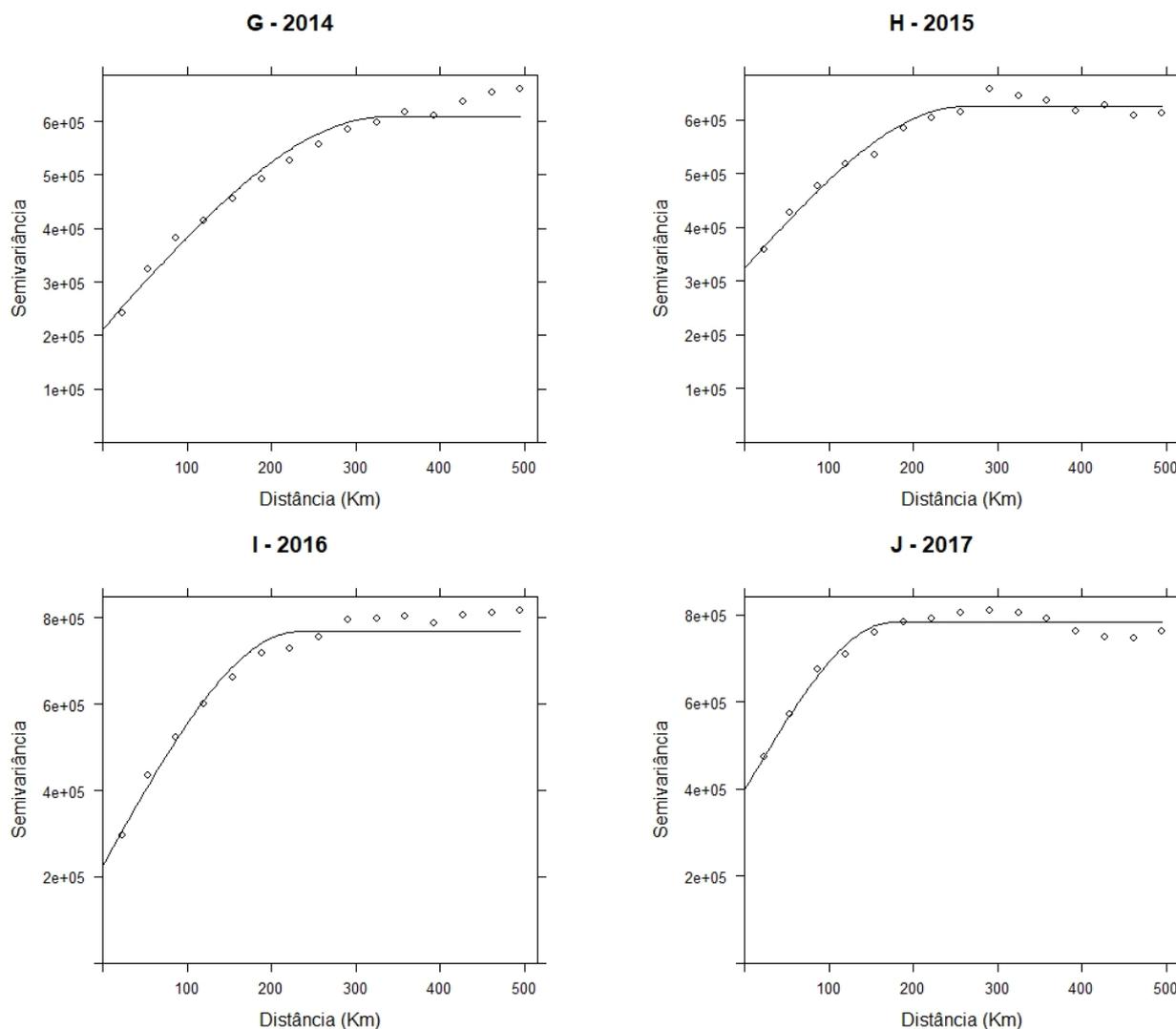


Figura 5 – Semivariogramas do Rendimento médio do café de 2008 à 2017 com ajuste (modelo esférico).

É possível observar a mudança do alcance dos semivariogramas com o passar dos anos, para facilitar a visualização deste alcance a tabela abaixo (Tabela 2) se refere ao alcance máximo da dependência espacial. Modelar a dependência espacial reflete na estratégia das segurados para garantir a solvência de suas contas, como por exemplo a diversificação geográfica ou então diversificação das culturas.

O alcance é um parâmetro importante pois estima a distância na qual a correlação espacial tende a zero. A tabela 2 mostra a que distância o semivariograma se estabiliza em torno de um patamar $\sigma^2(x)$, é possível observar que em média esta distância se estabiliza em um raio de 296,76km. Sendo a menor delas em 2017 e a maior delas em 2008.

É possível notar a diminuição o alcance, essa diminuição pode estar ligada a diversos fatores, desde a qualidade dos dados fornecidos ao IBGE até mudanças na forma de cultivar o grão que podem modificar a maneira com que este reage às mudanças climáticas.

| Ano | Alcance (Km) |
|-------|--------------|
| 2008 | 417,68 |
| 2009 | 370,43 |
| 2010 | 320,66 |
| 2011 | 258,35 |
| 2012 | 359,03 |
| 2013 | 271,05 |
| 2014 | 337,06 |
| 2015 | 226,21 |
| 2016 | 231,71 |
| 2017 | 175,38 |
| Média | 296,76 |

Tabela 2 – Distância estimada para dependência espacial do rendimento médio do café.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo analisar, sob o ponto de vista atuarial, o seguro agrícola das lavouras de café no estado de Minas Gerais. A escolha pelo grão ocorreu por ele ser responsável por grande parte do desenvolvimento econômico do estado, em especial nas regiões sul e sudeste.

Os resultados desta pesquisa apontam para a existência de uma correlação espacial entre as propriedades de café do estado de Minas Gerais, não podendo os dados serem considerados independentes.

A dependência espacial dos dados no seguro rural pode ser um desafio para as seguradoras, considerando a (grande) possibilidade de inadimplência das seguradoras no caso da ocorrência de um evento climático extremo, que é caracterizado por gerar grandes perdas para vários segurados em uma região geográfica (OZAKI, 2008).

Constatou-se que tanto os sinistros quanto o rendimento médio da produção são dependentes espacialmente. O rendimento médio, estudado neste trabalho através de semivariogramas experimentais, mostrou variações no alcance da dependência espacial entre 2008 e 2017, sendo maior no ano de 2008 e menor no ano de 2017, com média de 296,76 km.

Foram observados problemas de ambos os lados do contrato de seguro rural. Por um lado, os produtores ainda demonstram resistência na contratação de seguro, por outro, a seguradora nem sempre está disposta a assumir um risco que pode se tornar sistêmico.

Com a implantação do PSR, o valor do seguro passou a ser mais atrativo para os produtores (por meio de concessão de subvenção econômica ao prêmio do seguro). Pelo lado da seguradora o risco é grande e as metodologias não são muito eficientes. É possível pensar em alternativas para evitar (ou ao menos minimizar) estas (possíveis) grandes perdas como, por exemplo, a diversificação (geográfica e de culturas), além dos resseguros e dos fundos (OZAKI, 2008).

Apesar do trabalho ter abordado alguns aspectos relacionados ao seguro agrícola do cultivo do café, ainda restam perguntas a serem respondidas. Por exemplo, seria interessante explorar a precificação desta modalidade de seguros, estudando modelos de cálculo de prêmio que possam modelar seguros e resseguros rurais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, W. S. de. Massificação das operações do seguro rural: o grande desafio brasileiro. *Revista de Política Agrícola*, Ano XVI, n. 4, p. 21-26, 2007.

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical analysis*, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>>. Acesso em: 27 jun. 2019.

ASSAD, E. D; PINTO. H. S; ZULLO JUNIOR, J; ÁVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 39, n 11, p. 1057-1064, 2004.

BRASIL. **Lei nº 3.071, de 1º de Janeiro de 1916.** Dispõe sobre o Sistema Nacional de Seguros Privados, regula as operações de seguros e resseguros e dá outras providências, 1916.

BRASIL. **Lei nº 2.168, de 11 de janeiro de 1954.** Estabelece normas para instituição do seguro agrário. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Rio de Janeiro, 13 jan. 1954.

BRASIL. **Decreto nº 5.121, de 29 de junho de 2004.** Regulamenta a Lei 10.823, de 19 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a subvenção econômica ao prêmio do Seguro Rural e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 30 jun. 2004.

BRASIL. **Decreto n 5.121, de 29 de junho de 2004.** <http://www.senado.gov.br/legisla.htm> (20 jan. 2005a).

CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V; DRUCK; CARVALHO, M. S. **Análise Espacial e Geoprocessamento. Análise espacial de dados geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 1-26. 2004. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>>. Acesso em: 09. jul. 2019.

CAMARGO, A. P. D., CAMARGO, M. B. P. D. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, 60(1), 65-68, 2001.

CAMARGO, E; DRUCK, S; CÂMARA, G. **Análise Espacial de Superfícies. Análise espacial de dados geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 157-82. 2004. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap3-superficies.pdf>>. Acesso em: 09. jul. 2019.

CARDOSO, J. S. *Análise Espacial do Seguro Agrícola no Brasil no ano de 2015.* Universidade Federal de Alfenas, 2016.

CARVALHO, M. S; CÂMARA, G; CRUZ, O. G; CORREA, V. **Análise espacial de áreas. Análise espacial de dados geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 157-82. 2004. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf>>. Acesso em: 09. jul. 2019.

CLARK, I. Practical geostatistics. London: **Applied Science Publishers**, 1979.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira, 2018. Disponível em: < <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/levantamento/>>. Acesso em: 05. fev. 2019.

CRESSIE, N. Statistics for spatial data. **Terra Nova**, v. 4, n. 5, p. 613-617, 1992.

DE SOUZA, S. Seguros: contabilidade, atuária e auditoria. Saraiva, 2007.

IPCC, International Panel of Climatic Change. Global Warming. 2018. Disponível em: < https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/07/SR15_SPM_High_Res.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2019.

LUCCAS FILHO, O. Seguros: fundamentos, formação de preço, provisões e funções biométricas. São Paulo: Atlas, 2011.

MEDEIROS, E. A. Avaliação da implementação do programa de subvenção do prêmio do Seguro Rural. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 51, n. 2, p. 295-308, 2013.

MIRANDA, M. J; GLAUBER, J.W. Systemic risk, reinsurance, and the failure of crop insurance markets. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 79, n. 1, p. 206-215, 1997.

OABPREV. Política de Investimento. Plano de benefícios OABPREV. Vigência 2014 a 2018. Disponível em: < <http://www.oabprev-sp.org.br/wp-content/uploads/2018/01/Pol%C3%ADtica-de-Investimentos-2014-OABPREVSP.pdf>>. Acesso em 09. jul. 2019.

OLIVEIRA, J. A. N.. Engenharia econômica: uma abordagem às decisões de investimento. São Paulo: **MsGraw-Hill do Brasil**, 1982.

ORMOND, J. G. P; PAULA, S. R. L; FAVERET FILHO, P. S. C. Café:(re) conquista dos mercados. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 10, p. 3-55, 1999.

OZAKI, V. A. Métodos atuariais aplicados à determinação da taxa de prêmio de contratos de seguro agrícola: um estudo de caso. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/> >. Acesso em: 06 mar. 2019.

OZAKI, Vitor A. O papel do seguro na gestão do risco agrícola e os empecilhos para o seu desenvolvimento. **Revista Brasileira de Risco e Seguro**, v. 2, n. 4, p. 75-92, 2007.

OZAKI, V. Análise espacial da produtividade agrícola no Estado do Paraná: implicações para o seguro agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 3, p. 869-886, 2008.

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.

PROCAFÉ. Fundação Pro Café. Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/publicacoes/revista>> Acesso em: 04. jun. 2019.

R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.

STURARO, J. R. Apostila de geoestatística básica. Rio Claro, UNESP, IGCE, 34p, 2015. Disponível em: <<https://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/geologiaaplicada/>>. Acesso em: 24 jun. 2017.

SUSEP, Superintendência de Seguros Privados. A História do Seguro. Anuário Estatístico da SUSEP, 1997. Disponível em: <<http://www.susep.gov.br/menu/a-susep/historia-do-seguro>>. Acesso em: 02 mar. 2019.

STURARO, J. R. Apostila de geoestatística básica. Rio Claro, UNESP, IGCE, 34p, 2015. Disponível em: <<https://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/geologiaaplicada/apostila-basica.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2017.

TEIXEIRA, F. J; SCALON, J. D. A Dependência Espacial do Valor do Prêmio de Automóvel. Revista Brasileira de Risco e Seguro. Rio de Janeiro, v. 11. n. 20. p. 29-54, 2016.

YAMAMOTO, J. K; LANDIM, PMB. Geoestatística. Conceitos e Aplicações: Editora Oficina de Textos, 215 pp, 2013. Disponível em: <<https://geokrigagem.com.br/variogramas/>>. Acesso em: 03. jun. 2019.

6 APÊNDICE A

```

1 # PACOTES EXIGIDOS
2 library(ggplot2)
3 library(rgdal)
4 library(gstat)
5 library(rgeos)
6 library(spdep)
7
8 # PARTE 1: DEFININDO POLIGONO DOS MUNICIPIOS E LIGANDO ESSES
  POLIGONOS AS INFORMA ES DE SINISTROS.
9 mg <- readOGR("Mapa R",layer= "31MUE250GC_SIR") #arquivo 31MUE250GC_
  SIT fornecido pelo IBGE (poligonos dos munic pios)
10 nb = poly2nb(mg) #cria poligonos vizinhos
11 viz2 = poly2nb(mg)
12 viz2p = nb2listw(viz2)# style = B-binary, W-padronizado na linha
13 sinistr <- read.csv("Mapa R/MUN_COD.csv") #dados a respeito dos
  sinistros
14 mg@data=dplyr::rename(mg@data, COD=CD_GEOCMU) #mesmo nome para as
  colunas dos c digos municipais
15 mg$COD = as.factor(mg$COD)
16 sinistr$COD = as.factor(sinistr$COD)
17 mga = left_join(mg@data, sinistr, by="COD") # unindo as informa es
  (pelo COD)
18 mga
19
20 mgf = fortify(mg, region="COD")
21 mga$id = mga$COD
22 mgf = left_join(mgf,mga)
23 # PARTE 2: FAZENDO MAPA (USANDO GGLOT2)
24 ##### MAPA #####
25 mapa <- ggplot(mgf, aes(long, lat, group=group, fill = SIN)) +
  # SIN a vari vel escolhida
26   geom_polygon() + labs(x = "", y = "", fill = "Sinistros") + coord
  _equal() + scale_fill_distiller(palette = "Spectral")
27 mapa # MAPA DO TOTAL DE SINISTROS
28
29 ##### Indice de Moran #####
30 moran.plot(mga$SIN, viz2p,xlim=c(0,25), ylim=c(0,20))

```

7 APÊNDICE B

```

1 library(gstat) #biblioteca utilizada
2 dado1 <- read.csv("dados1.csv", dec = ",") #importa o do banco de
   dados (matriz)
3 coordinates(dado1) = ~long+lat #indicando as coordenadas e transforma
   o banco de dados em uma classe espacialmente reconhecidos
4 proj4string(dado1) <- CRS("+init=epsg:4326") #indicando que a
   latitude e longitude s o dadas em forma decimal
5
6 ##### Variograma #####
7 vgm1 <- variogram(dado1$RM2017~long+lat, dado1)
8 plot(vgm1) #plotar o variograma
9
10 ##### Ajuste #####
11 m.fit <-< fit.variogram(vgm1, vgm("Sph")) # Sph indica que foi
   utilizado o modelo esf rico
12
13 plot(vgm1, m.fit, xlab = "Dist ncia (Km)", ylab = "Semivari ncia",
   main = "2017") # plotando ambos os gr ficos simultaneamente
14
15 ##### Alcance #####
16 m <- fit.variogram(vgm1, vgm("Sph"))
17 print(m) # determina o alcance "range" a partir de qual os dados
   podem ser considerados indepedentes.

```