

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
ESCOLA PAULISTA DE POLÍTICA, ECONOMIA E NEGÓCIOS
Curso de Ciências Atuariais

Guilherme Graciano Dias

**EVENTOS CLIMÁTICOS NO RIO GRANDE DO SUL E SUA RELAÇÃO
COM O SEGURO DE RAMOS ELEMENTARES**

São Paulo

2021

Guilherme Graciano Dias

**EVENTOS CLIMÁTICOS NO RIO GRANDE DO SUL E SUA RELAÇÃO
COM O SEGURO DE RAMOS ELEMENTARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Ciências Atuariais da
Universidade Federal de São Paulo sob
orientação do Prof. Danilo Braun Santos

São Paulo

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Unifesp Osasco
e Departamento de Tecnologia da Informação Unifesp Osasco,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D541e DIAS, Guilherme Graciano
Eventos climáticos no Rio Grande do Sul e sua relação com
o Seguro de Ramos Elementares / Guilherme Graciano Dias. -
2021.
23 f.

Trabalho de conclusão de curso (Ciências Atuariais) -
Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Política,
Economia e Negócios, Osasco, 2021.
Orientador: Danilo Braun Santos.

1. Climatologia. 2. Precipitação (Meteorologia). 3. Ventos. 4.
Danos (Direito). 5. Vendavais. I. Santos, Danilo Braun, II. TCC -
Unifesp/EPPEN. III. Título.

CDD: 551.6

RESUMO

Neste trabalho vamos explorar os dados coletados pelo instituto nacional de meteorologia (INMET) sobre quantidade de dias, volume de precipitação, temperatura e velocidade do vento e combinar com a base de sinistros de danos elétricos e vendaval de uma seguradora nas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul. O trabalho analisou a relação existente entre fenômenos climáticos e os sinistros para os ramos residencial, empresarial e condomínio de modo a traçar regressões lineares múltiplas com variáveis dependentes relacionadas aos fenômenos climatológicos no estado e posteriormente análise individual por regiões para entender o peso dessas variáveis no cálculo de frequência das coberturas para as seguradoras. Os resultados demonstraram que os modelos propostos são relevantes ao indicar que variáveis como quantidade de precipitação e temperatura média influenciam as análises preditivas quanto a frequência de sinistros de danos elétricos para o estado e dias de precipitação, temperatura média e velocidade máxima e média dos ventos também colaboram na explicação da frequência de vendaval. Portanto, o estudo fornece ferramentas para auxiliar na precificação e atenuação de possíveis prejuízos das companhias de seguro.

PALAVRAS-CHAVE: eventos climáticos; precipitação; ventos; danos elétricos; vendavais; sinistros; frequência.

ABSTRACT

In this paper we will explore the data collected by the National Institute of Meteorology (INMET) on the number of days and volume of precipitation, temperature, wind speed and combine them with the base of claims for electrical damage and windstorm of an insurance company in the mesoregions of the state of Rio Grande do Sul. The work analyzed the relationship between climatic phenomena and claims for the residential, business and condominium classes in order to plot multiple linear regressions with dependent variables related to climatological phenomena in the state and then individual analysis by region to understand the weight of these variables in the calculation of frequency of coverage for insurers. The results showed that the proposed models are relevant in indicating that variables such as precipitation amount and average temperature influence the predictive analyses regarding the frequency of electrical damage claims for the state, and days of precipitation, average temperature, and maximum and average wind speed also collaborate in explaining windstorm frequency. Therefore, the study provides tools to assist in pricing and mitigation of possible losses for insurance companies.

KEY WORDS: weather events; precipitation; wind; electrical damage; windstorms; claims; frequency.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	6
REFERENCIAL TEÓRICO	9
MÉTODO E DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS	11
ANÁLISE DESCRITIVA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	13
CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

INTRODUÇÃO

A importância do seguro para a sociedade e para a economia vem se intensificando ano após ano no Brasil e no mundo, pois este mecanismo oferece proteção para diversos tipos de riscos que corremos no nosso cotidiano, compreendendo desde riscos de vida e acidentes pessoais, até riscos patrimoniais como para automóveis, celulares, residências, empresas e etc...

Essa proteção se dá por meio de um contrato de seguro estabelecido entre as seguradoras e o segurado, no qual o proprietário ou responsável por um bem material transfere a responsabilidade de seu risco à empresa mediante o pagamento contínuo de valor financeiro em, em contrapartida, a empresa lhe deverá uma indenização financeira em caso de ocorrência de sinistro, e em troca oferece uma quantia em dinheiro previamente estabelecida, que chamamos de prêmios. Todos os valores financeiros envolvidos na transação, assim como o período da prestação do serviço, são estabelecidos em contrato.

As seguradoras conseguem fazer desse processo um modelo de negócio, pois o acúmulo de riscos e, conseqüentemente, de prêmios de seguro, dilui a possível transferência financeira referente a indenizações. Ou seja, está transferindo o risco de um indivíduo para um grupo e compartilhando essa perda por todos.

O fluxo do negócio está embasado na “Lei dos Grandes Números da Matemática”, um teorema de probabilidade que afirma que o resultado da média aritmética tirado de uma amostra consideravelmente grande com relação à população total tende a se aproximar cada vez mais do resultado da probabilidade real. Ou seja, quanto maior sua base de experiência, mais preciso será o cálculo da frequência de ocorrência de um sinistro e por conseqüência mais fácil se torna a precificação de um risco visando o pagamento de sinistros, custos e o excedente (lucro), conforme indica Galiza (1996): “Pelas Lei dos Grandes Números, seguradoras menores teriam maiores riscos, pela maior dispersão dos seus valores esperados” (GALIZA, 1996, p. 10)

Ainda assim, com todo o conhecimento desenvolvido para gerenciar riscos é possível que ocorram eventos inesperados e até de grandes proporções, como desastres naturais, vendavais, furacões, ciclones e tempestades.

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tratará das coberturas de danos elétricos e vendaval vendidas pelas seguradoras e como eventos climáticos podem

afetá-las. Encontra-se aqui o maior desafio de obter informações cada vez mais precisas através de experiências passadas e técnicas matemáticas capazes de auxiliar e otimizar a previsibilidade de riscos com a finalidade de facilitar a precificação e melhorar a adequação das reservas financeiras das empresas, conforme indica Santos (2019, p. 11) “A formação do preço é de fundamental equilíbrio entre receitas e despesas assistenciais, além da manutenção da solvência atuarial, o que viabiliza a dinâmica e a sobrevivência do mercado”.

Esses desastres podem ser definidos como eventos físicos, causados pela natureza, que provocam dire ou indiretamente danos extensos à propriedades, ambiente e até mesmo humanos, fazendo um grande número de vítimas.

O Brasil, apesar de não registrar casos de furacões e tsunamis, está exposto a outras eventos naturais relevantes como tornados, tufões, tempestades elétricas, secas e etc... E o país que num passado não tão distante era considerado livre das catástrofes naturais, se vê cada vez mais ameaçado por fortes chuvas e vendavais. Marengo (2014, p. 29), citando o Atlals Brasileiro de Desastres Naturais (Ceped, 2012), afirma “No Sul e no Sudeste o aumento de extremos de precipitação pode ser associado ao aumento da frequência de desastres naturais, como chuvas intensas, deslizamentos e enchentes”.

A região Sul tem sido uma das mais castigadas por tais fenômenos. Para ilustrar, Santa Catarina representa pouco mais de 1% do território nacional e ainda assim, entre os anos de 1991 e 2012 foi o Estado que mais apresentou situações de calamidade pública decretada pelo Governo Federal. Com isso, pode-se entender o motivo de relevância do trabalho ao buscar uma forma de tornar a precificação desses eventos cada vez mais acurada e com um olhar focado na realidade brasileira.

Vamos utilizar como referência para esta pesquisa o Rio Grande do Sul, estado localizado também na região Sul do País, de enormes proporções territoriais, com 281.707,151 km² e população de 10.693.929 pessoas (IBGE, 2010), o que nos dá uma densidade demográfica de 37,96 hab/km². Dessa forma, configura-se como o 5º estado mais populoso do Brasil, 9º em termos de território e 13º em termos de densidade demográfica. Ainda de acordo com o Censo Demográfico de 2010, 85% de sua população está situada em zona urbana, e outros 15% em zona rural.

As páginas eletrônicas oficiais do Governo do Rio Grande do Sul definem que o clima do estado como:

(...) é temperado do tipo Subtropical, classificado como mesotérmico úmido (classificação de Köppen). Devido à sua posição geográfica, entre os paralelos 27°03'42" e 33°45'09" de latitude Sul, e 49°42'41" e 57°40'57" de longitude Oeste, apresenta grandes diferenças em relação ao Brasil. A latitude reforça as influências das massas de ar oriundas da região polar e da área tropical continental e Atlântica. A movimentação e os encontros destas massas definem muitas de nossas características climáticas.

As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com a ocorrência de geadas e precipitação eventual de neve. As temperaturas médias variam entre 15 e 18°C, com mínimas de até -10°C e máximas de 40°C. (SEPLAG, 2019).

Segundo estudo da Confederação Nacional de Municípios (CNM), o Rio Grande do Sul é o segundo estado do país que mais teve desastres naturais entre 2003 e 2018. No período, foram registrados 3555 decretos de situação de emergência sendo que 51% foram causados por chuvas. Existe inclusive no estado uma cartilha do governo especificando alguns desastres e como agir nesses casos como vendavais, inundações e alagamentos, deslizamentos e descargas elétricas.

De acordo com o presidente da CNM, “somente nos últimos cinco anos, o total de prejuízos para o Estado foi de R\$ 5,2 bilhões” (SORDI, 2018). Na reportagem, ainda há uma explicação de João Basso, meteorologista da Somar Meteorologia sobre as razões de o Rio Grande estar sujeito a tantos desastres:

Como o RS está posicionado mais ao sul do país, possui um clima mais parecido com o da Argentina, com invernos mais chuvosos, de períodos intensos de chuva, e verões mais secos. O RS difere do Paraná e Santa Catarina, por exemplo, em que as chuvas são mais espalhadas ao longo de todo o ano.(SORDI, 2018)

Além dos eventos citados, existem os fenômenos La Niña e El Niño, provocados por alterações na temperatura do Oceano Pacífico Equatorial, que provocam efeitos globais na temperatura e precipitação (INPE, 2021) que acometem constantemente o sul do país.

O instrumento do mercado de seguros brasileiro desenvolvido para arcar com riscos de eventos naturais danosos a propriedade é o “Seguro Compreensivo”, que engloba seguros para residências, empresas e condomínios.

Até o final da década de 1980 existia no Brasil a possibilidade de contratar uma apólice de seguro contra o risco de incêndio em residências, condomínios e empresas, com o desenvolvimento e modernização do mercado outros riscos foram incorporados a essa apólice.

No início da década de 90 o Governo Federal lançou o Plano Diretor do Sistema de Seguros, visando à desregulamentação e ao desenvolvimento do mercado segurador. Esse Plano Diretor teve como uma das suas diretrizes básicas a abordagem do seguro sob o enfoque do consumidor (segurado), o

sujeito-fim dos serviços prestados pelo sistema segurador, visando tornar o seguro mais acessível, de melhor qualidade e com possível redução dos custos finais. Foi objetivando atender as diretrizes do Plano Diretor que surgiu a possibilidade de se criar os planos de seguros conjugados ou compreensivos também chamados multirisco e que não constituam um ramo ou modalidade de seguro. Foram, na verdade e em essência, uma forma de contratação onde se conjugam vários ramos ou modalidades numa mesma apólice. (SUSEP, 2021)

Dentre as novas coberturas adicionadas ao seguro compreensivo há a opção de contratação de proteção contra prejuízos causados ao patrimônio por danos elétricos e vendavais. Essas duas coberturas são usuais e amplamente difundidas no mercado segurador brasileiro, o diferencial para a maior otimização do produto, é também uma análise técnica profunda para entender e antecipar os custos e oportunidades possíveis através de metodologia estatística que busque persuadir e complementar de maneira eficiente as tomadas de decisões de cada empresa.

Para efeito de análises, essa pesquisa utilizará de regressões lineares múltiplas como ferramenta de auxílio na precificação das coberturas, pois elas possuem em alguma medida uma correlação associada a eventos meteorológicos e partindo desse ponto o trabalho busca entender qual a relação que pode-se observar entre a ocorrência de eventos naturais como variáveis dependentes e a frequência atuarial de sinistros ocorridos em coberturas que indenizem esses riscos como variável resposta.

Dito isso, o estudo visa analisar como as variáveis climáticas influenciam nas frequências de sinistros, partindo desta premissa foi selecionado um estado com grande quantidade de desastres naturais pois o mesmo tende a possuir maior quantidade de dados relevantes.

REFERENCIAL TEÓRICO

Ao observar a literatura estrangeira sobre o tema, encontramos em Rohrbeck (2017) análise similar à proposta neste TCC. A tese de doutoramento adota como objetivo acriação de um modelo estatístico para relação entre danos as propriedades, reclamações de sinistros para propriedades e eventos climáticos com base em dados de sinistros e dados meteorológicos da Noruega. Após explicar sobre o funcionamento do seguro, o autor discorre sobre a previsão de riscos estudada pela ciência atuarial e suas ferramentas de compartilhamento de risco, como por exemplo o resseguro que serve para evitar prejuízos em momentos em que ocorrem catástrofes inesperadas e

de grandes proporções, para criar um modelo que apóia a previsibilidade dos efeitos relacionados a eventos climáticos.

O estudo considera a metodologia adotada pelo Instituto de Meteorologia da Noruega, que indica um crescimento de mais de 30% nas precipitações de determinadas regiões, condição que estimulou o desenvolvimento do modelo estatístico para auxiliar na tomada de decisões, e que leva em consideração variáveis espaciais e temporais sobre o clima.

O estudo considerou subpartes da região investigada de maneira a permitir análises separadas de cada grupo, diminuindo assim a margem de erro. De maneira similar, neste TCC estamos propondo dividir o Rio Grande do Sul em mesorregiões. O trabalho contribui para a criação de novas metodologias sobre estatística espacial, regressão monotônica e teoria de valor extremo.

Após explicar sobre a metodologia necessária para se chegar num consenso de prêmio mínimo a ser cobrado pelas seguradoras, Rohrbeck (2017) afirma que existem variáveis que influenciam de alguma maneira os sinistros relacionados ao clima, e para elaborar o seu estudo usou dados da seguradora Gjensidige Group, que disponibiliza informações sobre 430 municípios da Noruega entre janeiro de 1997 e dezembro de 2006, com dados contendo sinistros diários para cada cidade causados por precipitação, inundação, alagamento, derretimento de gelo, refluxo de esgoto e encanamento quebrado (ROHRBECK, 2017, p.8).

Adicionalmente, o autor dispõe do número de apólices seguradas por municípios, além de dados meteorológicos e hidrológicos fornecidos pelas agências estatais norueguesas Meteorologisk Institutt (www.met.no) e Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) (www.nve.no) através de mensurações diárias para cada município das determinadas variáveis: temperatura média, precipitação, alagamentos e equivalência entre água e gelo. Essas informações foram retiradas de 200 estações climáticas espalhadas pela Noruega.

Três técnicas baseadas em estatística espacial foram utilizadas para desenvolver os modelos apresentados e por fim os condensou com objetivo de gerar melhorias aos modelos atuais de previsão para que fosse mais preciso o entendimento da relação entre sinistros e variáveis climáticas.

Nas pesquisas realizadas nas bases de dados disponibilizadas pelo Google Scholar não foram identificados estudos similares ao apresentado anteriormente. No entanto, foram encontrados trabalhos com temas análogos, que compreendem

temáticas como “seguros”, “sinistros” e “variáveis climáticas”. São estudos que, de maneira geral, fazem referência ao setor de seguros agrícolas, e versam sobre a convergência entre eventos climáticos e a precificação e otimização do mercado de seguros rurais através de elementos técnicos e estatísticos. O foco na produção agrícola justifica-se pela sedimentação e intensa presença do agronegócio na economia brasileira.

Na ausência de fontes de pesquisas nacionais, este trabalho adotou como referências teóricas os estudos de Igari e outros (2015); Hummel e Capelache (2017); Oliveira (2020).

A produção científica adotada como referencial compreende temas que exploram e auxiliam no desenvolvimento do conhecimento para o setor de seguros com referenciais meteorológicos para pesquisa e inovação.

Ao esquadrihar a pesquisa para aprofundar o tema e encontrar obras mais próximas ao trabalho aqui proposto, encontramos Uchina (2016) que tem como foco de análise o uso de ferramentas da qualidade em uma empresa do setor de seguros residenciais e expõe um problema ligado a reclamações de sinistros residenciais e apresenta alternativas por meio de metodologias estatísticas para amenizá-lo. O estudo dialoga com a proposta deste TCC no sentido de otimizar o setor securitário para o ramo de “Seguro Compreensivo”, considerando que aqui tratamos da relação entre as variáveis climáticas que afetam a precificação das coberturas,

MÉTODO E DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS

Os dados utilizados nesse trabalho foram obtidos de duas fontes principais: Instituto Nacional de Meteorologia com informações organizadas na base de dados da BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, criada e vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e de uma seguradora brasileira.

O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) permitiu obter dados relativos a dias de precipitação, quantidade de milímetros cúbicos de precipitação, pressão atmosférica, temperatura média, velocidade média e máxima dos ventos, através de quarenta e quatro estações meteorológicas espalhadas em cidades ao longo do estado do Rio Grande do Sul com medições diárias seguindo as normas técnicas internacionais da Organização Meteorológica Mundial. Separados os dados das quarenta e quatro cidades e baixados de forma mensal entre os períodos de janeiro

de 2019 e julho de 2020, foram agrupados em sete mesorregiões que compõe o estado. As mesorregiões são divisões criadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para organizar o espaço geográfico levando em conta processos sociais e naturais como determinantes, promovendo a melhoria e exatidão de levantamentos e divulgação de dados estatísticos utilizados nas políticas públicas do país. As mesorregiões são as seguintes: Centro Ocidental Rio Grandense, Centro Oriental Rio Grandense, Metropolitana de Porto Alegre, Nordeste Rio Grandense, Noroeste Rio Grandense, Sudeste Rio Grandense e Sudoeste Rio Grandense. À vista disso, a primeira base possui informações mensais de estações meteorológicas agrupadas em regiões com informações sobre o clima no estado durante um período de dezenove meses.

A segunda base é oriunda de uma seguradora com atuação em todo território brasileiro, foi solicitado o número de itens expostos mensalmente para todas as cidades do Rio Grande do Sul com apólices que possuíssem coberturas de vendaval e/ou de danos elétricos, a mesma metodologia para sinistros, foi solicitado o volume de ocorrência de sinistros de vendaval e danos elétricos mensal para todas as cidades do estado no período de janeiro de 2019 a julho de 2020. Assim, com essas informações disponíveis criamos um campo de “frequência”, onde dividimos a quantidade de sinistros ocorridos pela quantidade de itens expostos para o mesmo período do mês, gerando o campo frequência vendaval e frequência danos elétricos. Utilizado o método análogo à primeira base, agrupamos as cidades nas mesmas sete mesorregiões criadas pelo IBGE para que fosse possível cruzá-las diante de uma regressão e entender como as variáveis dependentes (climáticas) influenciam nas frequências de sinistros para o estado.

Da fusão das bases apresentadas pode-se obter uma terceira base com cento e trinta e três observações, cada mesorregião com dezenove períodos (meses) e com informações específicas referentes a dias de precipitação, milímetros cúbicos, pressão atmosférica, temperatura média, velocidade máxima, velocidade média, quantidade de sinistros de danos elétricos, quantidade de sinistros de vendaval, quantidade de itens expostos de danos elétricos, quantidade de itens expostos de vendaval, frequência de danos elétricos e frequência de vendaval. De posse dessas informações foram rodadas algumas regressões em dois softwares diferentes, Stata e R. No primeiro, foi considerado a frequência de danos elétricos e de vendaval como variável respostas, como variáveis dependentes os dados relacionadas ao clima e

como variáveis dummies as mesorregiões para encontrar em que nível essas características das regiões influenciam as frequências observadas e se podem vir a ser úteis para ajudar a explicar o resultado e auxiliar na precificação de coberturas para os ramos de seguros compreensivo, como o residencial, empresarial e condomínio. No segundo software, R, as mesorregiões foram separadas para aplicar o método de regressões individualmente para que fosse possível obter variáveis respostas de maneira independente das demais regiões.

Tabela 1 – Legenda das Variáveis Utilizadas nos modelos

Variável	Descrição
d_precip	Dias de Precipitação
Precip	Precipitação (mm ³)
p_atm	Pressão Atmosférica
t_media	Temperatura Média
vel_max	Velocidade Máxima
vel_media	Velocidade Média
sin_de	Quantidade de Sinistros de Danos Elétricos
itens_de	Quantidade de Itens com cobertura de Danos Elétricos
freq_de	Frequência de Danos Elétricos
sin_vend	Quantidade de Sinistros de Vendaval
itens_vend	Quantidade de Itens com cobertura de Vendaval
freq_vend	Frequência de Vendaval

Fonte: Elaborada pelo autor.

ANÁLISE DESCRITIVA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados referem-se ao período de dezenove meses disponível para consulta, a descrição geral das sete mesorregiões unidas serve para obter informações referentes ao estado como um todo. Conforme pode ser observado na tabela 2, há em média doze dias chuvosos dentro do período de um mês, com o equivalente a 129,56 milímetros cúbicos de precipitação. A temperatura média do estado é de 18º graus celsius condizente com as informações obtidas com a Secretaria de Estado do Planejamento, Governança e Gestão do Rio Grande do Sul e exposta nessa pesquisa.

Outros pontos de relevância são as médias de sinistros de danos elétricos e vendaval que a seguradora obteve por mês durante o período, confrontando com as médias de itens expostos obtemos 3 sinistros a cada 1000 itens expostos com

cobertura de danos elétricos e 1 sinistro a cada 1000 itens expostos com cobertura de vendaval.

Já a tabela 3 possui as características climáticas e de seguros abertas por mesorregiões, assim pode-se notar algumas diferenças entre regiões o que distingue e pode influenciar nas frequências das coberturas, apesar das diferenças não aparentarem ser relevantes, os dados apontam algumas distinções evidentes, por exemplo, as velocidades máxima e média dos ventos é consideravelmente maior para região Sudeste Rio Grandense, assim como a quantidade de precipitação e temperatura das regiões Centro Ocidental e Centro Oriental respectivamente também são notadamente maiores que as demais, entanto não denota que são fatores decisivos para estimação de modelos para as regiões. Existem infindáveis outras variáveis que influenciam o modelo, algumas visíveis nos dados, como a quantidade de expostos ao risco que é diferente e limitado para cada região e outras implícitas como as empresas de energia que atendem o estado ou causas de sinistros cobertas nas condições gerais da seguradora além dos eventos naturais estudados.

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis quantitativas

Variáveis	Observações	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
d_precip	133	12.07	4.09	4.00	23.00
Precip	133	129.56	86.11	21.30	510.49
p_atm	133	979.31	28.62	915.99	1010.69
t_media	133	18.88	4.05	11.78	25.93
vel_max	133	8.50	1.36	5.50	14.46
vel_media	133	2.58	0.56	0.93	4.01
sin_de	133	4.59	4.99	0.00	20.00
itens_de	133	1510.01	1342.19	18.00	4101.81
sin_vend	133	1.71	3.75	0.00	28.00
itens_vend	133	1598.34	1449.30	17.48	4595.48

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 3 – Estatística descritiva das variáveis quantitativas por região

Variáveis	Observações	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Centro Ocidental Rio Grandense					
d_precip	19	11.11	4.58	4.00	20.50
Precip	19	146.93	99.45	32.35	367.55
p_atm	19	984.45	4.57	978.98	996.21
t_media	19	19.34	4.26	12.05	24.80
vel_max	19	7.61	0.96	6.00	9.45

vel_media	19	2.31	0.25	1.83	2.83
sin_de	19	1.37	1.16	0.00	4.00
itens_de	19	561.36	229.06	105.00	781.10
sin_vend	19	0.37	0.60	0.00	2.00
itens_vend	19	574.13	239.19	105.74	804.29
Centro Oriental Rio Grandense					
d_precip	19	12.66	5.32	4.00	22.00
Precip	19	114.88	76.42	21.30	327.00
p_atm	19	1004.64	2.99	1000.32	1010.69
t_media	19	20.11	4.13	13.18	25.93
vel_max	19	8.42	1.58	5.50	10.80
vel_media	19	2.23	0.21	1.82	2.55
sin_de	19	4.95	4.10	0.00	16.00
itens_de	19	2648.68	1271.43	379.74	3794.32
sin_vend	19	1.37	1.54	0.00	6.00
itens_vend	19	2812.78	1328.06	423.29	4028.71
Metropolitana de Porto Alegre					
d_precip	19	13.68	3.61	5.80	23.00
Precip	19	129.35	77.96	28.94	278.04
p_atm	19	997.50	3.06	993.71	1004.98
t_media	19	19.46	3.81	13.21	25.20
vel_max	19	7.95	0.78	6.62	9.61
vel_media	19	2.22	0.72	0.93	3.30
sin_de	19	6.95	3.14	1.00	13.00
itens_de	19	2828.06	1295.12	408.19	4101.81
sin_vend	19	3.53	4.73	0.00	20.00
itens_vend	19	3172.18	1436.42	484.39	4595.48
Nordeste Rio Grandense					
d_precip	19	13.96	2.88	9.40	18.40
Precip	19	132.47	84.46	27.57	338.13
p_atm	19	920.05	3.00	915.99	927.10
t_media	19	16.62	3.41	11.07	22.15
vel_max	19	8.67	0.78	7.18	9.98
vel_media	19	2.92	0.26	2.45	3.38
sin_de	19	8.21	4.33	1.00	18.00
itens_de	19	2342.33	1003.06	341.58	3267.55
sin_vend	19	3.53	6.63	0.00	28.00
itens_vend	19	2397.42	1014.59	362.16	3359.87
Noroeste Rio Grandense					
d_precip	19	10.84	3.48	4.70	18.80
Precip	19	137.45	76.03	27.92	270.80
p_atm	19	956.49	2.92	952.49	963.28
t_media	19	19.24	3.78	13.05	24.46
vel_max	19	7.76	0.88	6.32	9.21
vel_media	19	2.37	0.26	1.92	2.89
sin_de	19	10.16	5.64	1.00	20.00

itens_de	19	1751.18	589.34	447.55	2385.19
sin_vend	19	2.95	4.24	0.00	16.00
itens_vend	19	1813.18	610.01	467.81	2478.87
Sudeste Rio Grandense					
d_precip	19	11.72	3.49	6.67	19.20
Precip	19	116.35	74.52	32.86	322.26
p_atm	19	992.90	4.45	986.09	1000.16
t_media	19	18.08	4.17	11.38	23.48
vel_max	19	10.19	1.45	7.62	14.46
vel_media	19	3.49	0.30	3.02	4.01
sin_de	19	0.21	0.42	0.00	1.00
itens_de	19	323.13	151.92	39.52	467.79
sin_vend	19	0.16	0.37	0.00	1.00
itens_vend	19	310.53	139.21	37.03	437.55
Sudoeste Rio Grandense					
d_precip	19	10.53	3.94	5.00	19.57
Precip	19	129.51	115.29	24.08	510.49
p_atm	19	999.16	2.75	995.09	1004.75
t_media	19	19.34	4.32	12.15	24.72
vel_max	19	8.92	1.08	7.60	11.78
vel_media	19	2.54	0.31	2.22	3.27
sin_de	19	0.32	0.75	0.00	3.00
itens_de	19	115.30	51.61	18.00	166.19
sin_vend	19	0.11	0.46	0.00	2.00
itens_vend	19	108.16	47.71	17.48	156.87

Fonte: Elaborada pelo autor.

Apresentadas as análises descritivas, foram realizadas regressões lineares múltiplas considerando as variáveis respostas como frequência de danos elétricos e frequência de vendaval, que trata-se do quociente entre a quantidade de sinistros dividido pelo número de expostos ao risco mensalmente. Já as variáveis dependentes são os eventos climáticos extraídos da base do INMET e as mesorregiões que foram utilizadas como variáveis dummies pois tratam-se de valores qualitativos, a referência foi a região Centro Ocidental.

Conforme Sassi e Miyazato (2012, p.4, regressão múltipla

é uma técnica multivariada cuja finalidade principal é obter uma relação matemática entre uma das variáveis estudadas (variável dependente ou resposta) e o restante das variáveis que descrevem o sistema (variáveis independentes ou explicativas), e reduzir um grande número de variáveis para poucas dimensões com o mínimo de perda de informação, permitindo a detecção dos principais padrões de similaridade, associação e a correlação entre as variáveis (SASSI e MIYAZATO, 2012, p. 4)

A finalidade do modelo é encontrar resultados preditivos através da aplicação de valores que venham a ocorrer nas variáveis dependentes via regra dos mínimos quadrados. Obtida a relação, é necessário observar dois pontos fundamentais, o r-quadrado que trata-se do quão próximo os valores explicativos estão do modelo traçado e o p-valor que é o nível de significância da variável analisada. Portanto, o r-quadrado informa quão preciso o modelo está e o p-valor qual variável deve ou não ser considerada.

Conforme observado na tabela 4, realizadas regressões para frequência de danos elétricos com todas as variáveis dependentes no modelo, foi observado um R quadrado de 34,72%, entretanto apenas as variáveis dependentes precipitação e temperatura média se mostraram estatisticamente significativas, outras variáveis como dias de precipitação, pressão atmosférica, velocidade máxima e velocidade média dos ventos obtiveram p-valor elevado e portanto foi rodado novamente o modelo retirando uma a uma as variáveis não significativas com os maiores p-valor conforme ilustrado na tabela. O r-quadrado permaneceu com 34,72% após o segundo modelo ser executado, o que denota pouca relevância da variável velocidade média ao modelo, já as demais variáveis mantiveram-se no mesmo padrão. Inclusive as mesorregiões que não foram estatisticamente relevantes no modelo para danos elétricos.

Com a continuação do processo foi retirada em seguida os dias de precipitação, na sequência a velocidade máxima e por fim a pressão atmosférica. Pode-se observar uma queda no r-quadrado, mas pouco acentuada, compreensível dado a remoção de variáveis que apesar de não significativas ajudavam a explicar o modelo. Assim as variáveis dummies compostas pelas mesorregiões, a precipitação e a temperatura média compõe o modelo final nesta primeira análise e é possível observar que a frequência mensal de danos elétricos para o Estado do Rio Grande do Sul tende a aumentar sempre que acrescenta-se uma unidade de medida de precipitação e temperatura média no estado para um r-quadrado de 33,33%.

Tabela 4 – Tabela de regressões múltiplas para variável resposta Frequência de Danos Elétricos

Variáveis Dependentes	Freq_de (1)	Freq_de (2)	Freq_de (3)	Freq_de (4)	Freq_de (5)
d_precip	-0.000158	-0.0001619			
Precip	0.000098***	0.000098***	0.000093***	0.000096***	0.000091***
p_atm	0.000544	0.000547	0.000563	0.000593	
t_media	0.001396**	0.001403**	0.001451***	0.001419***	0.001062***
vel_max	0.000976	0.0010029	0.0010503		

vel_media	0.000230				
Região (Ref.: Centro Ocidental)					
Centro Oriental Rio Grandense	-0.011314	-0.011414	-0.012228	-0.011870	0.000222
Metropolitana de Porto Alegre	-0.006283	-0.0063427	-0.007080	-0.007063	0.000631
Nordeste Rio Grandense	0.040321	0.0406703	0.041247	0.044246	0.005008
Noroeste Rio Grandense	0.018820	0.0189191	0.019359	0.020382	0.003719
Sudeste Rio Grandense	-0.005420	-0.0052324	-0.005684	-0.003184	0.001225
Sudoeste Rio Grandense	-0.001149	-0.0011803	-0.001473	-0.000496	0.008141*
R-Quadrado	34.72%	34.72%	34.65%	34.15%	33.33%

Nota: p-valor: *<0.1, **<0.05, ***<0.001

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para a variável resposta frequência de vendaval foi rodada uma regressão também com todas as variáveis dependentes, conforme tabela 5. Observado um r-quadrado de 26,01% comparativamente aos danos elétricos os dados que compõe o modelo mostram-se menos explicativos, porém com mais variáveis estatisticamente significantes, sendo elas, dias de precipitação, temperatura média, velocidade máxima e velocidade média. Ainda assim, há algumas com p-valor elevado como precipitação e pressão atmosférica.

Nos modelos seguintes foram rodados os dados desconsiderando primeiramente a precipitação e pode-se observar pela que o r-quadrado sofreu pouca alteração, 25,99%. Mais uma vez rodado, ao desconsiderar dessa vez a pressão atmosférica, temos um r-quadrado de 25,94% e mais variáveis estatisticamente significativas, como além das já citadas, também a região Centro Oriental Rio Grandense. Observado o modelo existem diversas variáveis que afetam a frequência de sinistros de vendaval para o estado, com o aumento de uma unidade de medida de dias de precipitação, temperatura média e velocidade máxima dos ventos há um acréscimo na frequência e com o aumento da velocidade média dos ventos há uma diminuição no coeficiente estudado.

Tabela 5 – Tabela de regressões múltiplas para variável resposta Frequência de Vendaval

Variáveis Dependentes	Freq_vend (1)	Freq_vend (2)	Freq_vend (3)
d_precip	0.000214**	0.000203**	0.000198**
Precip	-0.000001		
p_atm	0.000026	0.000029	
t_media	0.000292**	0.000292**	0.000273***
vel_max	0.000925***	0.000917***	0.000916***
vel_media	-0.001223*	-0.001235*	-0.001215*
Região (Ref.: Centro Ocidental)			

Centro Oriental Rio Grandense	-0.002330	-0.002336	-0.001732*
Metropolitana de Porto Alegre	-0.000924	-0.000914	-0.000523
Nordeste Rio Grandense	0.002495	0.002718	0.000823
Noroeste Rio Grandense	0.001212	0.001290	0.000483
Sudeste Rio Grandense	-0.001999	-0.001960	-0.001759
Sudoeste Rio Grandense	-0.001843	-0.001863	-0.001447
R-Quadrado	26.01%	25.99%	25.94%

Nota: p-valor: *<0.1, **<0.05, ***<0.001

Fonte: Elaborada pelo autor.

Constatado os valores de significância, pôde-se observar que as regiões como variável dummy não obtiveram valores relevantes aos modelos na maioria dos casos e portanto decidiu-se analisar cada uma delas individualmente via software R no intuito de obter modelos preditivos mais precisos para cada território. Nas análises não foram retiradas as variáveis com maior p-valor a fim de obter um resultado com a maior quantidade de variáveis dependentes significativas e com o maior R-quadrado possível.

Decidiu-se então resumir os resultados individuais conforme padrão anterior. A tabela 5 contém todos os coeficientes dos eventos climáticos para cada mesorregião, nota-se que nove, dos catorze modelos apresentados tem variáveis dependentes com valores significativos.

Para cada localidade existem fatores que se mostraram relevantes nas análises, por exemplo, dias de precipitação e temperatura média são as variáveis explicativas que mais se fazem presentes nas equações para frequência de danos elétricos em cada região. Já quando trata-se da frequência de vendaval nota-se que a variável que mais está presente nos modelos é a de velocidade máxima dos ventos.

Tabela 5 – Tabela de regressões múltiplas para mesorregiões com variável resposta como frequências de danos elétricos e vendaval em função das variáveis climáticas.

Variáveis Dependentes	Freq_de	Freq_vend
Centro Ocidental Rio Grandense		
d_precip	0.001470*	0.000606
Precip	0.000007	-0.000010
p_atm	0.001266*	0.000538
t_media	0.002515**	0.001060**
vel_max	0.002937	0.002176
vel_media	-0.011700	-0.006385
R-Quadrado	62.02%	38.65%

Centro Oriental Rio Grandense		
d_precip	0.000308	0.000098
Precip	-0.000006	-0.000008
p_atm	-0.000563	-0.000436
t_media	0.000120	0.000006
vel_max	0.000769	0.000330
vel_media	-0.002664	-0.001062
R-Quadrado	43.54%	34.75%
Metropolitana de Porto Alegre		
d_precip	0.000612	0.000317
Precip	-0.000008	-0.000005
p_atm	0.000682	0.000053
t_media	0.001156**	0.000616*
vel_max	0.003336*	0.002275*
vel_media	-0.004857*	-0.003217*
R-Quadrado	43.55%	51.08%
Nordeste Rio Grandense		
d_precip	0.001213	0.001146**
Precip	-0.000008	-0.000015
p_atm	0.000057	0.000014
t_media	0.000630	0.000273
vel_max	0.002713	0.001817**
vel_media	-0.002203	-0.002070
R-Quadrado	52.56%	72.75%
Noroeste Rio Grandense		
d_precip	0.001856**	0.000463
Precip	-0.000023	-0.000013
p_atm	0.000903	0.000439
t_media	0.001228**	0.000286
vel_max	0.002267	0.000928
vel_media	-0.003179	0.001783
R-Quadrado	65.89%	28.99%
Sudeste Rio Grandense		
d_precip	0.000049	-0.000029
Precip	0.000030	0.000000
p_atm	-0.000467	-0.000001
t_media	0.000423	0.000013
vel_max	0.001645	0.0003471*
vel_media	-0.002199	-0.001016
R-Quadrado	41.28%	37.28%
Sudoeste Rio Grandense		
d_precip	-0.004733*	0.000516
Precip	0.0004157***	-0.000016
p_atm	-0.000062	0.000798
t_media	-0.000388	0.000689
vel_max	-0.01473*	0.001872*
vel_media	0.025200	0.004640
R-Quadrado	76.99%	51.41%

Nota: p-valor: * <0.1 , ** <0.05 , *** <0.001

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda na tabela 5 expressa-se os coeficientes de determinação dos modelos, em outras palavras, quão aderente a reta da equação está, se comparada aos dados que compõe o modelo, o r-quadrado. Verifica-se que todas as regressões múltiplas desenvolvidas possuem coeficientes consideráveis, mas nem todas as variáveis são estatisticamente significativas e o acúmulo das mesmas pode causar um sobreajuste do modelo o que reduz sua capacidade de fazer previsões mais assertivas. Assim, podemos notar com o exposto na tabela 5 que nem todos as regressões apresentam resultados expressivos, algumas nem possuem variáveis com p-valor abaixo de 5%, como por exemplo a frequência de vendaval no Centro Oriental Rio Grandense e Noroeste Rio Grandense e frequência de danos elétricos no Centro Oriental, Nordeste e Sudeste Rio Grandense.

Em outras há variáveis dependentes significativas que influenciam nas frequências e variam por região analisada, assim como no trabalho de modelos estatísticos para seguros relacionados ao clima, conforme desenvolvido por Rohrbeck (2017), onde dependendo da região explorada há um efeito de maior ou menor intensidade dos eventos climáticos, aqui também pode-se observar que há uma maior relevância e efeito de cada uma das variáveis climáticas explicativas de acordo com a região analisada.

CONCLUSÃO

O mercado de seguros brasileiros cresce ano após ano, e o ramo de seguros para residências, empresas e condomínios não é diferente. O Rio Grande do Sul é um estado com clima temperado e estações bem definidas, o que contribui para as análises elaboradas ao longo deste estudo. O desafio das seguradoras para uma precificação mais precisa é entender e interpretar de maneira cada vez mais coerente como as coberturas ofertadas e sinistros se comportam com relações as variáveis climáticas visando assim obter uma previsibilidade cada vez maior e por consequência um melhor resultado financeiro.

No intuito de aprofundar os conhecimentos técnicos na área e obter melhores resultados utilizou-se do método de regressão linear múltipla para o estado e posteriormente para cada mesorregião especificamente. Os resultados obtidos

demonstram que existem variáveis climáticas dentre as analisadas que são estatisticamente significativas e auxiliam na explicação das frequências das coberturas de danos elétricos e vendaval e as regressões obtiveram coeficientes de determinação relevantes para os modelos criados ao longo do estudo. Ainda que as variáveis dummies não se mostraram interessantes para explicar os modelos, as análises conjuntas e individuais de algumas regiões demonstraram que os eventos climáticos são influentes nas frequências, porém a relevância de cada um varia de acordo com a região analisada.

Para uma maior precisão dos resultados seria importante que o período disponibilizado para consulta e o volume de expostos e sinistros fosse maior, pois como expresso na introdução quanto maior a amostra analisada mais próximo da realidade são as médias estipuladas pelos modelos.

Pode-se reiterar dessa maneira que o estudo do Rio Grande do Sul mostrou-se um nicho bastante ambicioso para o mercado de seguros, pois comprovou-se a possibilidade de maior previsibilidade de eventos de risco o que propicia um campo de desenvolvimento para os estudos atuariais, de forma a gerar valor para o setor econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GALIZA, Francisco. **Uma carteira ótima para uma seguradora brasileira: Uma discussão inicial**. 1996. Disponível em: <http://www.ratingdeseguros.com.br/pdfs/artigo09.pdf>
- HUMMEL, M. CAPELACHE, C. **Agrícola Xingu: Novos Negócios para Seguro Rural com Índice Paramétricos Meteorológicos** 2017. Revista Práticas em Contabilidade e Gestão. 5(2). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/324857202>> Acesso em: 05/05/2021
- IGARI, A.T; GUIMARÃES, T.C; CARIDADE A.V.S. **Mudanças climáticas, seleção adversa e o seguro agrícola no Brasil**. Anais do XVII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. 2015. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/253.pdf>>
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Condições Atuais do Enos: Neutro**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/> Acesso em: 05/08/2021
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A; *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 109p.
- MARENGO, J. **O futuro do clima do Brasil**. Revista USP. 2014. Disponível em <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99280>. Acesso em 7/8/2021

- OLIVEIRA FILHO, M.L. **A utilização da regressão linear como ferramenta estratégica para a projeção dos custos produção.** Anais do Congresso Brasileiro de Custos. São Paulo. 2002. Disponível em: <http://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/2762/2762>
- OLIVEIRA, L.A.E. **Impactos das mudanças climáticas no risco da cultura da soja e suas implicações no seguro agrícola.** Dissertação de Mestrado em Agronegócio - Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getulio Vargas. São Paulo, 2020. 186 f. Disponível em: http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/29009/Dissertacao_LillianOliveira_VERSÃOFINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ROHRBECK, C. **Statistical methods for weather-related insurance claims.** Lancaster University, 2017. 216 p.
- SANTOS, R. **Precificação atuarial em operadoras de planos de saúde no Brasil: um estudo de caso.** 2019. Disponível em <https://ri.ufs.br/handle/riufs/12208> Acesso em 5/8/2021
- SASSI, C. P; PEREZ, F.G; MIYAZATO, L.; YE, X.; FERREIRA-SILVA, P; LOUZADA, F. **Modelos de regressão linear múltipla utilizando os softwares R e statistica: uma aplicação a dados de conservação de frutas.** [S.l: s.n.], 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/19863143-Modelos-de-regressao-linear-multipla-utilizando-os-softwares-r-e-statistica-uma-aplicacao-a-dados-de-conservacao-de-frutas.html>
- SECRETARIA de Planejamento, Governança e Gestão. **Clima, temperatura e precipitação.** Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>
- SEPERINTENDÊNCIA DE SEGUROS PRIVADOS. **Seguro Incêndio.** Disponível em: http://www.susep.gov.br/menuatendimento/seguro_incendio2_old. Acesso em: 16/01/2021.
- SORDI, J. **RS é o segundo Estado com maior número de decretos de situação de emergência por desastres naturais.** 2018. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2018/10/rs-e-o-segundo-estado-com-maior-numero-de-decretos-de-situacao-de-emergencia-por-desastres-naturais-cjnqixsfn08s201rxw4usxsog.html>
- UCHINA, T.M. **Considerações sobre o uso de ferramentas da qualidade em uma empresa do setor de seguros residenciais.** 2016. 59 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Produção Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/155374>.
- VAUGHAN E.J; VAUGHAN, T.M. **Fundamentals of Risk and Insurance.** John Wiley & Sons, Inc. 11 Edition, 2013.