

**COMPORTAMENTO ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA DISTRIBUÍDA NO OESTE DO ESTADO DE SÃO
PAULO – BRASIL**

Karla Leticia Seviero Rampazzi

orcid.org/0000-0003-3552-8289
Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP
E-mail: karlarampazzi@hotmail.com

Edilson Ferreira Flores

orcid.org/0000-0001-7385-6705
Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP
E-mail: edilson-ferreira.flores@unesp.br

DOI: 10.35416/geoatos.v8i15.7003

Resumo

Tendo em vista a importância da água para vida, este trabalho visa apresentar um estudo voltado à precipitação pluviométrica distribuída no Oeste do Estado de São Paulo durante um período de 11 anos. Dessa forma, apoiado na metodologia dos “anos padrão” de Monteiro (1973), foram estabelecidas classes de ano padrão seco, habitual e chuvoso, nas quais foram selecionados para análise de dados, os anos representativos com distintos comportamentos de 2012, 2014 e 2017. Dessa maneira constatou-se em 2014 ano considerado seco uma produção de cana-de-açúcar abaixo daquela observada em 2017 ano chuvoso, onde houve maior produção como esperado. Para isso, foram aplicadas técnicas de geoestatística apoiada à tecnologia SIG (Sistema de Informação Geográfica) a fim de espacializar estes dados, assim como dados da área plantada e da produção de cana-de-açúcar, tendo o intuito de expor a variabilidade espacial destes dois fenômenos e correlacioná-los.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Climatologia; Geoestatística.

**SPACE-TIME BEHAVIOR OF DISTRIBUTED
PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN THE WEST OF SÃO
PAULO STATE - BRAZIL**

Abstract

Given the importance of water for life, this paper aims to present a study focused on rainfall distributed in the west of the state of São Paulo over a period of 11 years. Based on Monteiro "standard years" methodology (1973), dry, usual and rainy standard year classes were established, in which the representative years with different behaviors of 2012, 2014 and 2017 were selected for data analysis. Thus it was found in 2014 considered dry year a sugarcane production below that observed in 2017 rainy year, where there was higher production as expected. For this, geostatistical techniques supported by GIS (Geographic Information System) technology were applied in order to spatialize these data, as well as data on planted area and sugarcane production, in order to expose the spatial variability of these data two phenomena and correlate them.

Key words: Sugar cane; Climatology; Geostatistics.

COMPORTAMIENTO EN EL TIEMPO ESPACIO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIOMÉTRICA DISTRIBUIDA EN EL OESTE DEL ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL

Resumen

Dada la importancia del agua para la vida, este artículo tiene como objetivo presentar un estudio centrado en la lluvia distribuida en el oeste del estado de São Paulo durante un período de 11 años. Con base en la metodología de Monteiro “años estándar” (1973), se establecieron clases de año estándar seco, habitual y lluvioso, en el que se seleccionaron los años representativos con diferentes comportamientos de 2012, 2014 y 2017 para el análisis de datos. Por lo tanto, en 2014 se consideró que el año seco era una producción de caña de azúcar inferior a la observada en el año lluvioso de 2017, donde hubo una mayor producción como se esperaba. Para esto, se aplicaron técnicas geoestadísticas respaldadas por la tecnología SIG (Sistema de Información Geográfica) para espacializar estos datos, así como datos sobre el área plantada y la producción de caña de azúcar, para exponer la variabilidad espacial de estos datos dos fenómenos y correlacionarlos.

Palabras-clave: Caña de azúcar; Climatología; Geoestadística.

Introdução

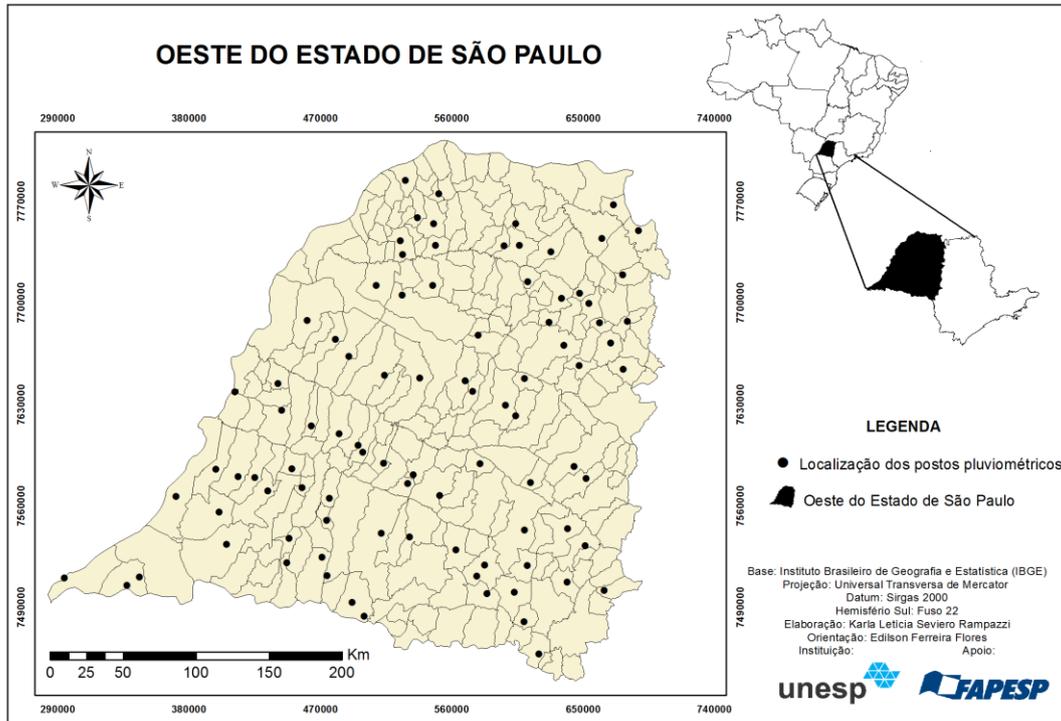
O estudo da precipitação pluviométrica não é recente, é algo que já vem sendo observado há muitos séculos. Sendo este um elemento climático fundamental em relação à vida, e tendo sua manifestação condicionada pela diversidade geográfica, torna-se indispensável seu estudo para diagnosticar sua dinâmica, e assim contribuir ao dimensionamento de projetos que vão desde a agricultura até a engenharia.

A variação espacial das chuvas pode causar repercussões diretas nos espaços, no ambiente rural, especialmente na abordagem da agricultura. A produção sofre interferências diretas, principalmente no calendário agrícola, pois o excesso de chuva pode ocasionar a saturação do solo e posteriormente a lixiviação do mesmo, conseqüentemente perdendo grande quantidade de nutrientes, e a seca por sua vez, pode gerar déficit hídrico no solo, afetando diretamente o desenvolvimento da planta.

Na área urbana os eventos extremos de precipitação pluviométrica, são episódios que geram grandes conseqüências, pois normalmente estes espaços possuem pouca capacidade de infiltração ou de escoamento, podendo ainda ser acompanhadas de inundações e alagamentos. A escassez de precipitação pluviométrica mostra dimensões muito negativas para o ambiente urbano, pois com a diminuição de água, tem-se a crise no abastecimento de água, e a distribuição da mesma torna-se racionalizada, problema esse que gera muitos outros, tornando-se um ciclo.

Desta forma, foi definido o Oeste do Estado de São Paulo (Figura 01) como recorte espacial e temporal, para coleta dos dados, tendo em vista que a precipitação pluviométrica é uma das maiores influências da expansão da cana-de-açúcar nesta área.

Figura 01. Localização da área de estudos.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

As condições climáticas no território brasileiro, especialmente no Oeste do Estado de São Paulo têm favorecido a expansão da produção de cana-de-açúcar, gerando impactos ambientais e acentuando as desigualdades sociais, porém deve-se considerar se este espaço tem uma capacidade ecológica de suporte a essa produção em massa que continuamente vem avançando ao interior do estado de maneira desequilibrada. Logo, os agentes envolvidos a esse processo reconhecem que a precipitação pluviométrica é um dos elementos determinantes para o sucesso deste tipo de empreendimento, porém devem ser reconhecidas as necessidades dos estágios fenológicos da planta em relação à necessidade hídrica que a mesma necessita, para adquirir um bom desenvolvimento e boa produtividade, logo, evitando o desperdício da mesma através dos sistemas de irrigação.

Logo, a água doce, substância essa fundamental à vida, torna-se algo cada vez mais escasso, devido sua má gestão e utilização. É então fundamental entender seu ciclo, e aproveitar de forma eficiente e consciente uma de suas fases, ou seja, a precipitação, pois só

entendendo sua dinâmica é possível a realização de análises geográficas a fim de amenizar os impactos tanto à vida humana quanto à própria agricultura.

Portanto, o principal objetivo deste trabalho é aplicar técnicas de geoestatística a fim de espacializar dados de precipitação pluviométrica, assim como dados da cana-de-açúcar, tendo o intuito de expor a variabilidade espacial destes fenômenos e correlacioná-los, por meio da tecnologia SIG.

Referencial Teórico

A cana-de-açúcar é uma planta tipicamente tropical, necessitando, segundo Fernandes (1990, p. 32), “[...] de uma época quente e chuvosa para o desenvolvimento vegetativo, e uma época fria para e/ou seca para o enriquecimento em açúcares”.

Segundo Sant’Anna Neto (1995, p. 162), o Oeste do Estado de São Paulo:

Apesar da imensa extensão territorial ocupada por esta unidade pluvial, existe uma certa uniformidade, tanto no que se refere ao regime de chuvas, quanto em sua distribuição sazonal e anual. As variações que ocorrem em seu interior estão muito mais vinculadas a fatores de ordem local, como altimetria, a posição latitudinal e de continentalidade, do que determinadas pela dinâmica atmosférica.

A chuva então consome por meio da evapotranspiração em torno de 5 milímetros de água por dia, e no período de estiagem cerca de 3 milímetros e ao longo do período das chuvas chega a 9 milímetros diários (FERNANDES, 1990), Tendo em vista estes dados, a cana-de-açúcar possui necessidades hídricas que variam de 1500 a 2500 milímetros segundo Doorenbos e Kassam (1979, *apud* AVILEZ et al. 2018), que devem ser bem distribuídos.

Embasados nesta discussão, neste estudo foram utilizadas técnicas de geoprocessamento associando as tecnologias do SIG à Geoestatística, objetivando a obtenção de melhores resultados em relação à variabilidade espacial tanto da precipitação pluviométrica quanto da produção da cana-de-açúcar.

Logo, o Geoprocessamento é um termo amplo, que se refere a um conjunto de tecnologias que são utilizadas para manipular informações espaciais e de desenvolvimento (RODRIGUES, 1990), tendo como uma de suas ferramentas o SIG, que é composto por procedimentos para obtenção e manipulação de dados gráficos e não gráficos.

Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de

custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente (CÂMARA, DAVIS; 2001 p. 1).

O Sistema de Informação Geográfica, segundo Câmara *et al.* (1996, p. 21), “são sistemas de informação construídos a fim de armazenar, analisar, e manipular dados geográficos, nas quais comportam diferentes tipos de dados e aplicações”. Mas para isso os dados devem estar georreferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre.

A geoestatística por sua vez, é uma particularidade da Estatística Aplicada que segundo Camargo (1997), leva em consideração a localização geográfica e a dependência espacial, e que tem como objeto de estudo as Variáveis Regionalizadas. Ela é uma técnica onde são estudados fenômenos contínuos no espaço e/ou no tempo, a qual oferece um conjunto de ferramentas voltadas para o entendimento e modelagem da variabilidade e comportamento espacial.

Desde então, a Geoestatística vem sendo cada vez mais utilizada por pesquisadores das mais diversas áreas, principalmente pelos seus métodos de interpolação espacial e estimação de dados, na qual se destaca neste trabalho a Krigagem.

Na Geoestatística a ferramenta mais utilizada para descrever a relação entre amostras é o coeficiente de variograma, este por sua vez, indica o quanto as amostras são diferentes. Baseado neste coeficiente é construído o gráfico de semivariograma, um dos instrumentos indispensáveis para o estudo das variáveis regionalizadas.

Segundo Huijbregts (1975, *apud* CAMARGO 1997, p. 11), o variograma ou semivariograma é uma ferramenta de suporte às técnicas de Krigagem, que permite representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço, a partir do grau da de sua dependência espacial.

Os semivariogramas ainda apresentam os seguintes parâmetros segundo Camargo (1997): Alcance (**a**): distância na qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente; Patamar (**C**): é o valor do semivariograma, que corresponde ao seu alcance; Efeito Pepita (**C_0**): valor que o semivariograma assume à medida que **h** (o valor da distância) tende a zero pela direita, **$\gamma(h)$** se aproxima de um valor positivo, revelado uma descontinuidade, porém essa descontinuidade pode ser derivada por erros de medição; e a Contribuição (**C_1**) que é diferença entre o Patamar e o Efeito Pepita.

A Krigagem por sua vez, é constituída por um conjunto de técnicas e métodos de estimação de superfície baseada na modelagem da estrutura de correlação espacial.

Segundo Landim (1998, p. 167) a Krigagem pode ser utilizada para:

Previsão do valor pontual de uma variável regionalizada em um determinado local dentro do campo geométrico; é um procedimento exato de interpolação que leva em consideração todos os valores observados e, que pode ser a base para a cartografia automática por computador quando se dispõe de valores de uma variável regionalizada dispostos por uma determinada área; cálculo médio de uma variável regionalizada para um volume maior que o suporte geométrico; estimação do *drift*, de modo similar à análise de superfícies de tendência.

Em qualquer uma destas três utilizações a mesma irá apresentar os valores estimados e o erro de tal processo. A Krigagem utiliza informações do Semivariograma definido e modelado de acordo com o comportamento e a distribuição espacial da variável em estudo para encontrar os pesos adequados a serem associados às amostras que irão estimar um ponto, área ou volume. Existem muitos tipos de Krigagem, porém as mais usuais são: Krigagem Simples, Krigagem Ordinária, Krigagem Universal e Cokrigagem. Neste trabalho será enfatizada a Krigagem Ordinária. Na Krigagem Ordinária no caso de estacionaridade de segunda ordem a média é desconhecida, ou seja, a mesma possibilita a estimação de algum elemento em determinado lugar sem a necessidade de se ter o conhecimento prévio da média.

Pode-se então estabelecer uma forte relação entre SIG e Geoestatística, pois o SIG irá dar o suporte necessário para a aplicação das técnicas de Geoestatística, pois nesta área são utilizadas ferramentas para a modelagem da variabilidade espacial de atributos, o SIG, por sua vez, possibilita que dados espaciais do mundo real sejam inseridos, consultados, analisados, transformados e apresentados para um conjunto particular de propósitos. A utilização do mesmo permitirá a rapidez na manipulação e garantia dos resultados fundamentais nesta pesquisa.

Procedimentos metodológicos

Foi definido no estudo, o Oeste do Estado de São Paulo tendo no total 250 municípios, como recorte espacial e temporal para obtenção de dados dos postos pluviométricos, porém nem todos os municípios atenderam aos requisitos da pesquisa, ou seja, possuir dados referentes a série temporal de 11 anos (2007 a 2017), além disso possuírem uma quantidade razoável de dados sem muitos dados ausentes, foram então selecionados 90 municípios que atenderam a tais requisitos.

Os dados referentes à precipitação pluviométrica provêm do Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo, distribuídos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), sendo este um órgão gestor de recursos hídricos do Estado de São Paulo, igualmente do Agritempo - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, site esse governamental, desenvolvido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil. Os dados foram obtidos em escala mensal na primeira instituição, na segunda em escala diária e posteriormente transformados em escala mensal.

Foi utilizado o *Microsoft Office Excel*, aplicativo esse criado pela *Microsoft* para padronização dos dados, e para o preenchimento das falhas dos dados mensais da precipitação pluviométrica.

Através de uma análise minuciosa e atenta dos dados foram identificadas falhas, que por meio da média aritmética, uma técnica estatística muito utilizada para este tipo de procedimento, obteve-se a média mensal, a mesma foi realizada de forma manual, optando pela proximidade entre os municípios, utilizando sempre de dois a três municípios vizinhos.

Os dados mensais precipitação pluviométrica foram transformados em dados anuais no *software Minitab 16*, sendo este um programa voltado também a edição e padronização de planilhas, porém ele possui mais ferramentas voltadas para fins estatísticos.

Desta forma, baseado nos anos padrão proposta por Monteiro (1973) na qual o mesmo visa uma classificação de chuvas no Estado de São Paulo, onde foram delimitados no período de 1941 a 1957 anos padrão representativos de padrão habitual, seco e chuvoso. Utilizou-se a análise de *cluster*, sendo esta uma técnica multivariada que trata de diferentes tipos de variáveis, e tem como objetivo buscar medidas de “similaridade”, “proximidade”, “semelhança” ou “associação”.

Existem várias metodologias para ligação entre os *clusters*, nesta pesquisa foi utilizado o método de ligação *ward* e a medida de distância euclidiana, na qual utiliza-se da variância para avaliar as distâncias entre os *clusters*.

Gerou-se a partir desta técnica no *Minitab 16* o dendograma, tendo como base a similaridade entre os totais anuais de precipitação pluviométrica de cada município, foi possível então estabelecer as três classes de similaridade: anos secos, anos habituais e anos chuvosos.

Os dados das áreas plantadas e da produção da cana-de-açúcar referentes ao mesmo período (2007 a 2017) foram coletados no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo este um instituto público da administração federal brasileira, considerado como o principal provedor de dados e informações do País, foi então através do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) que se teve acesso aos dados. Para obter a produção de tonelada por hectare foi necessário realizar a divisão entre a área plantada pelo total de produção do município.

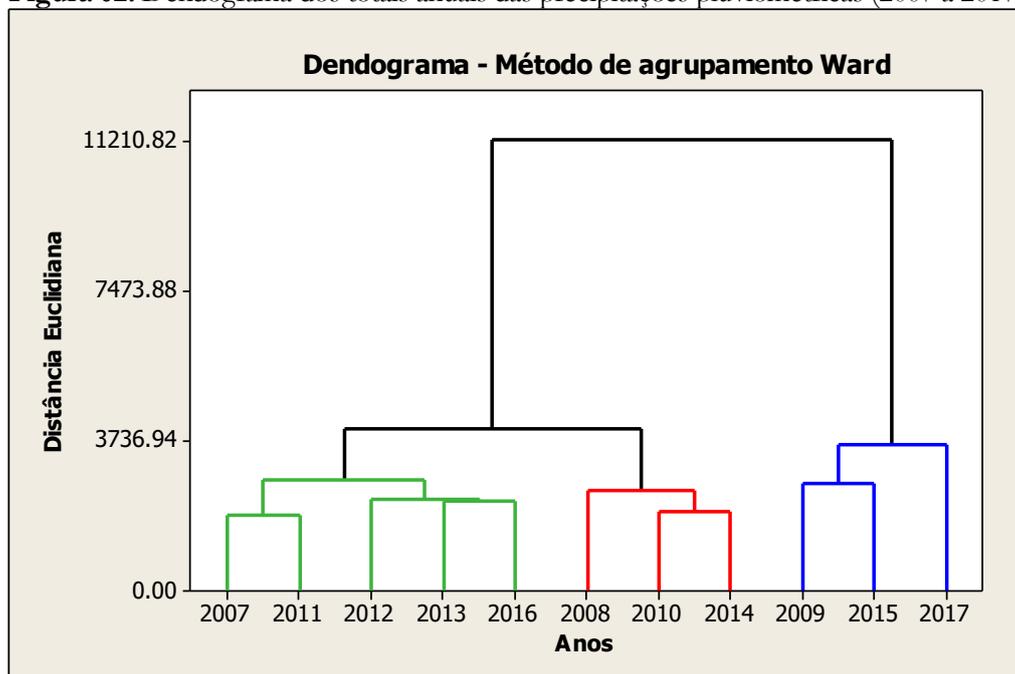
O *ArcGIS software* esse produzido pela empresa *ESRI (Environmental Systems Research Institute)*, onde são fornecidas ferramentas para análise espacial, assim como armazenamento, manipulação e processamento de dados, foi utilizado na espacialização dos dados. A extensão *Geostatistical Analyst*, uma ferramenta deste *software* permitiu gerar e determinar superfícies de interpolação de dados, assim como analisar o conjunto de dados a fim de mostrar tendências dos dados pluviométricos a partir das técnicas de Krigagem Ordinária.

O *Stanford Geostatistical Modeling Software (SGeMS)* é livre, o mesmo possui uma interface de fácil comunicação e possui uma ampla gama de ferramentas capazes de auxiliar pesquisadores em Ciências da Terra. Este *software* foi utilizado com o objetivo de representar os dados em um ambiente tridimensional.

Resultados e Discussões

Para estabelecer os anos neste trabalho foram estabelecidas três classes de similaridade através da técnica de cluster: anos secos, anos habituais, e os anos chuvosos. A partir do dendograma (Figura 02) obteve-se o agrupamento dos anos padrão, onde: 2008, 2010 e 2014, foram considerados anos secos, 2007, 2011, 2012, 2013 e 2016 foram considerados anos habituais e os anos de 2009, 2015 e 2017 anos chuvosos. A partir deste procedimento foram definidos os anos de 2012, 2014 e 2017 para serem representados e analisados na pesquisa.

Figura 02. Dendograma dos totais anuais das precipitações pluviométricas (2007 a 2017).



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

Tomando-se como base a média de precipitação pluviométrica em milímetros de 2007 a 2017 (Tabela 1), nota-se como os índices tiveram diferentes comportamentos. É importante ainda destacar a média de 2012 ano habitual, com cerca de 1420 milímetros, 2014 ano seco, com cerca de 1204 milímetros e 2017 ano chuvoso com 1609 milímetros em média.

Tabela 01. Média da Precipitação Pluviométrica do Oeste do Estado de São Paulo.

Ano	Média da precipitação (mm)
2007	1329.34
2008	1186.68
2009	1805.89
2010	1212.63
2011	1360.18
2012	1423.84
2013	1362.77
2014	1204.31
2015	1715.10
2016	1382.30
2017	1608.90

Fonte: Elaborado pelos autores.

Utilizando o *ArcGIS*, calculou-se respectivamente os parâmetros (Efeito Pepita, Alcance, Contribuição e Patamar) dos semivariogramas Omnidirecional da precipitação pluviométrica anual dos anos padrão de 2012, 2014 e 2017, que foram ainda ajustados no modelo Gaussiano (Tabela 02).

Tabela 02. Parâmetros dos semivariogramas.

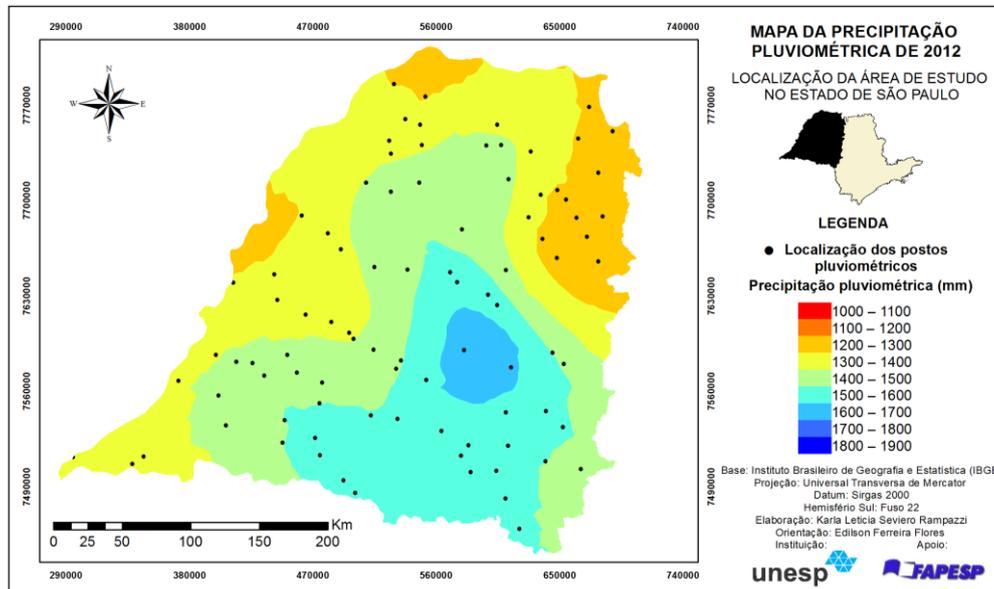
Precipitação Pluviométrica	2012	2014	2017
Modelo	Gaussiano	Gaussiano	Gaussiano
Nugget / Efeito Pepita (C_0)	29500	19000	49836
Range / Alcance (a)	134547.7	177856	173402.2
Sill / Contribuição (C_1)	17000	27000	27801
Patamar (C)	46500	46000	77637
Separação dos Lags	40000	30000	40000
Número de Lags	5	7	5

Fonte: Elaborada pelos autores.

Dessa forma, com os parâmetros definidos, foram elaborados mapas pelo método da estimação por Krigagem Ordinária, para analisar não só o volume, mas toda a distribuição espacial da precipitação pluviométrica neste recorte.

Pode-se notar que o padrão dos índices pluviométricos de 2012, ano habitual, (Figura 03) estão mais concentrados na região Sul – Sudeste com volumes que variam de 1400 a 1700 milímetros anuais, a porção Oeste – Noroeste – Norte - Nordeste apresentam índices que variam de 1200 a 1500 milímetros.

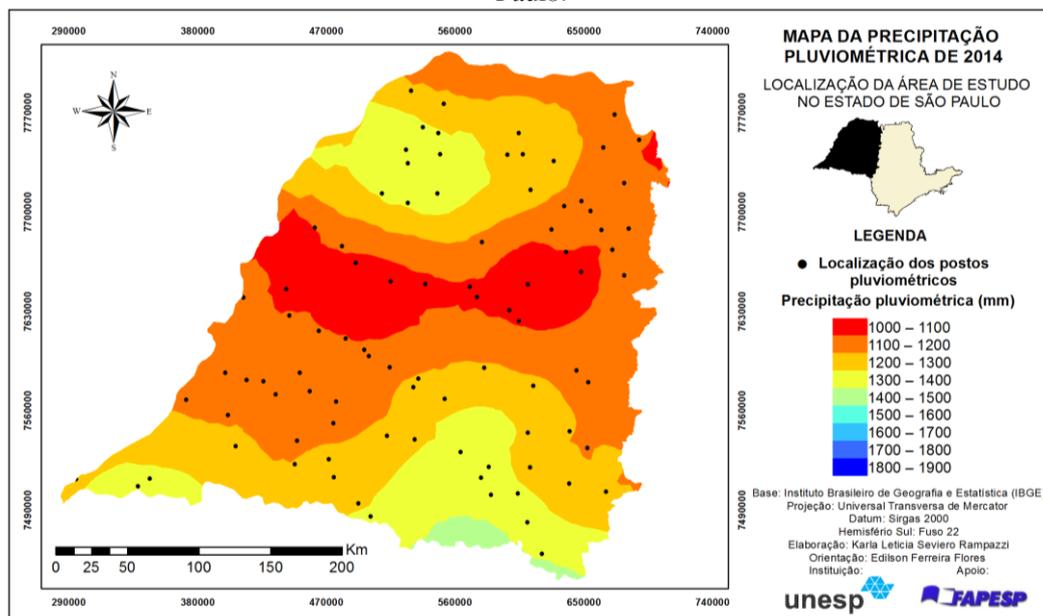
Figura 03. Distribuição espacial da precipitação pluviométrica de 2012 no Oeste do Estado de São Paulo.



Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Tido 2014 como ano representativo seco, observa-se a partir da estimativa (Figura 04), volumes de precipitação mais concentrados na região Sudoeste-Sul-Sudeste com índices que variam 1200 a 1500 milímetros anuais, e a Noroeste com índices de 1200 a 1400 milímetros, as áreas mais secas estão localizadas a Leste-Oeste do mapa, com cerca de 1000 a 1200 milímetros.

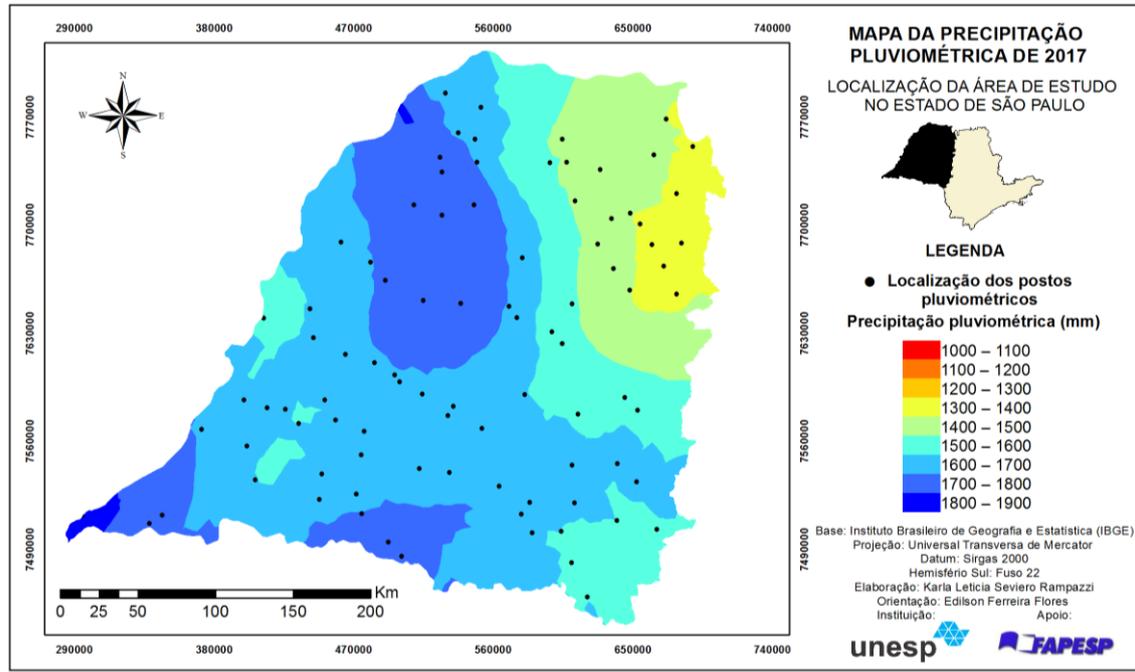
Figura 04. Distribuição espacial da precipitação pluviométrica de 2014 no Oeste do Estado de São Paulo.



Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Em 2017 ano considerado chuvoso (Figura 05), é possível visualizar valores pluviométricos excepcionais em comparação com os anos de 2012 e 2014, com índices que variam 1500 a 1900 milímetros na porção Sudoeste-Noroeste. O Nordeste apresenta-se como a área mais seca neste ano com índices que variam de 1300 a 1500 milímetros.

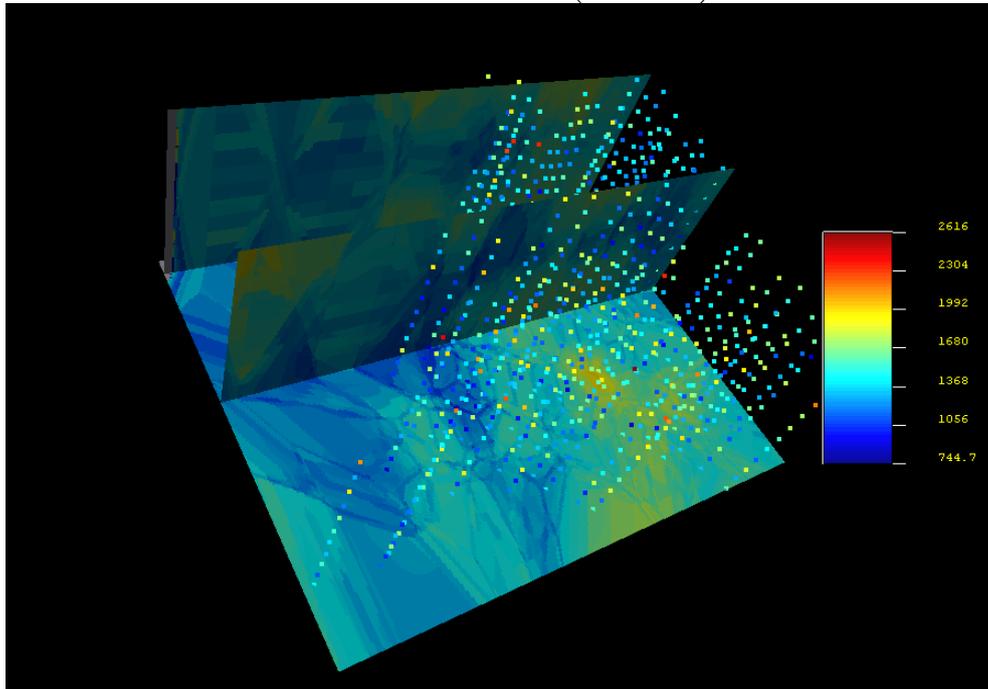
Figura 05. Distribuição espacial da precipitação pluviométrica de 2017 no Oeste do Estado de São Paulo.



Fonte: Pesquisa de campo (2018).

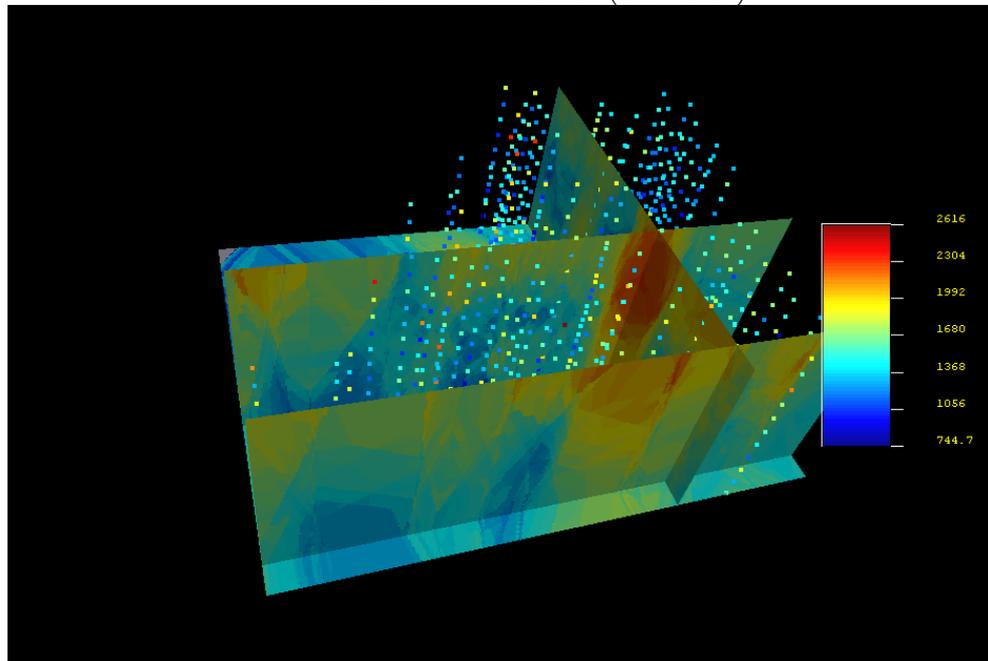
Os mapas produzidos no *software SGeMS* revelam as áreas mais secas e mais úmidas dos 11 anos de estudo. As cores mais quentes referem-se às áreas mais chuvosas, e as mais frias demonstram as áreas mais secas. Nota-se na Figura 06, que a área mais seca deste recorte encontra-se na parte Noroeste-Norte-Nordeste, e a região mais úmida (Figura 07) está localizada mais a Sul-Sudeste-Leste.

Figura 06. Mapa das áreas mais secas em relação a precipitação pluviométrica distribuída no Oeste do Estado de São Paulo (2007-2017).



Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Figura 07. Mapa das áreas mais úmidas em relação a precipitação pluviométrica distribuída no Oeste do Estado de São Paulo (2007-2017).

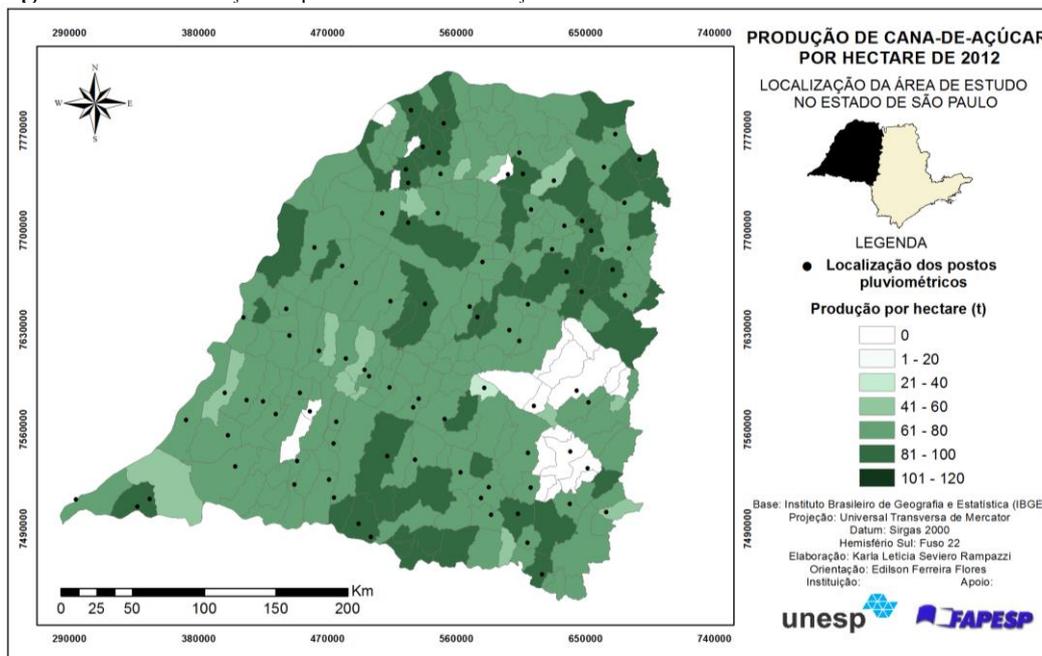


Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Os mapas da produção de cana-de-açúcar por hectare revelam as necessidades hídricas da planta em relação a precipitação pluviométrica, refletindo assim áreas com baixa produtividade em períodos mais secos.

Segundo Sentelhas (2014) a agricultura é a atividade econômica mais dependente das condições meteorológicas, tendo o clima e sua variabilidade como principal fator de risco para o agronegócio. Em média 80% da variabilidade da produtividade agrícola é resultado da variabilidade climática sazonal e interanual, e os outros 20% estão ligados a questões econômicas, de infraestrutura, e sociais. Em 2012, ano habitual, destacam-se as produções que variam entre 61 a 80 e 81 a 100 toneladas por hectare (Figura 08).

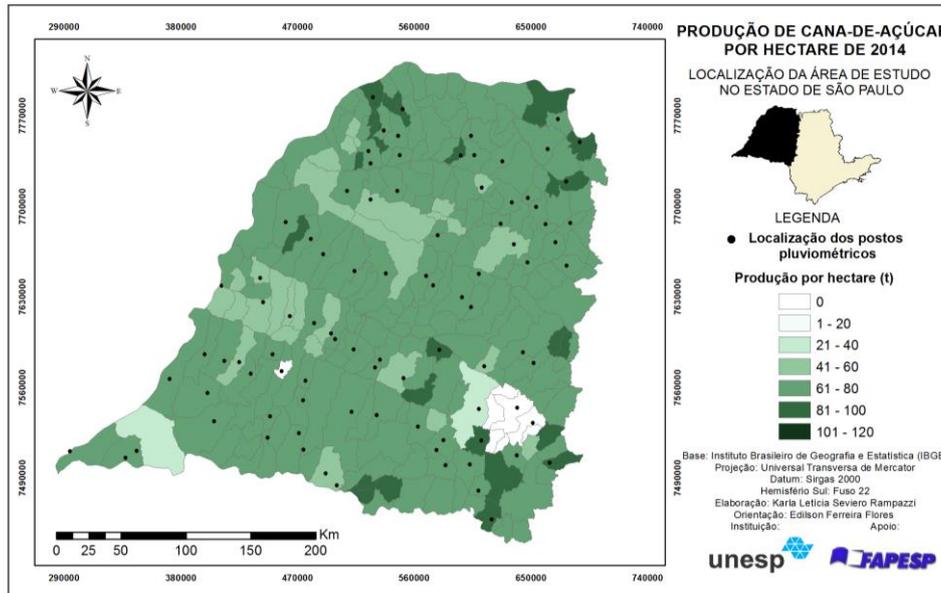
Figura 08. Distribuição espacial da cana-de-açúcar de 2012 no Oeste do Estado de São Paulo.



Fonte: Pesquisa de campo (2018).

O ano de 2014, considerado seco, possui maior concentração de produções que variam de 61 a 80 toneladas por hectare, poucos foram os municípios que apresentaram produção acima de 81 a 100 toneladas por hectare (Figura 09).

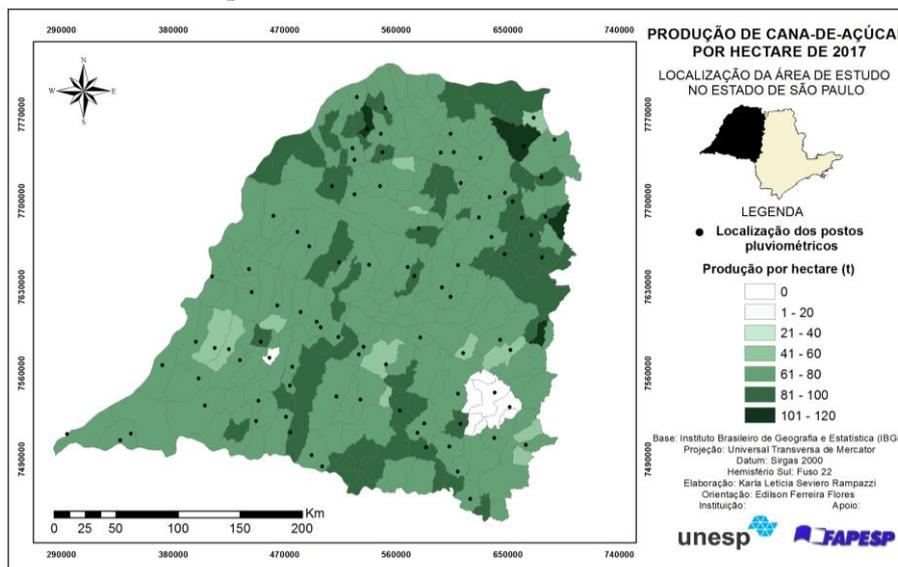
Figura 09. Distribuição espacial da cana-de-açúcar de 2014 no Oeste do Estado de São Paulo.



Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Em 2017, ano chuvoso, é possível visualizar uma grande quantidade de municípios que produziram em torno de 61 a 80 toneladas por hectare, porém muitos outros apresentaram produção de 81 a 100 toneladas por hectare, e ainda é marcante a presença de produções que variam de 101 a 120 toneladas por hectare (Figura 10).

Figura 10. Distribuição espacial da cana-de-açúcar de 2017 no Oeste do Estado de São Paulo.

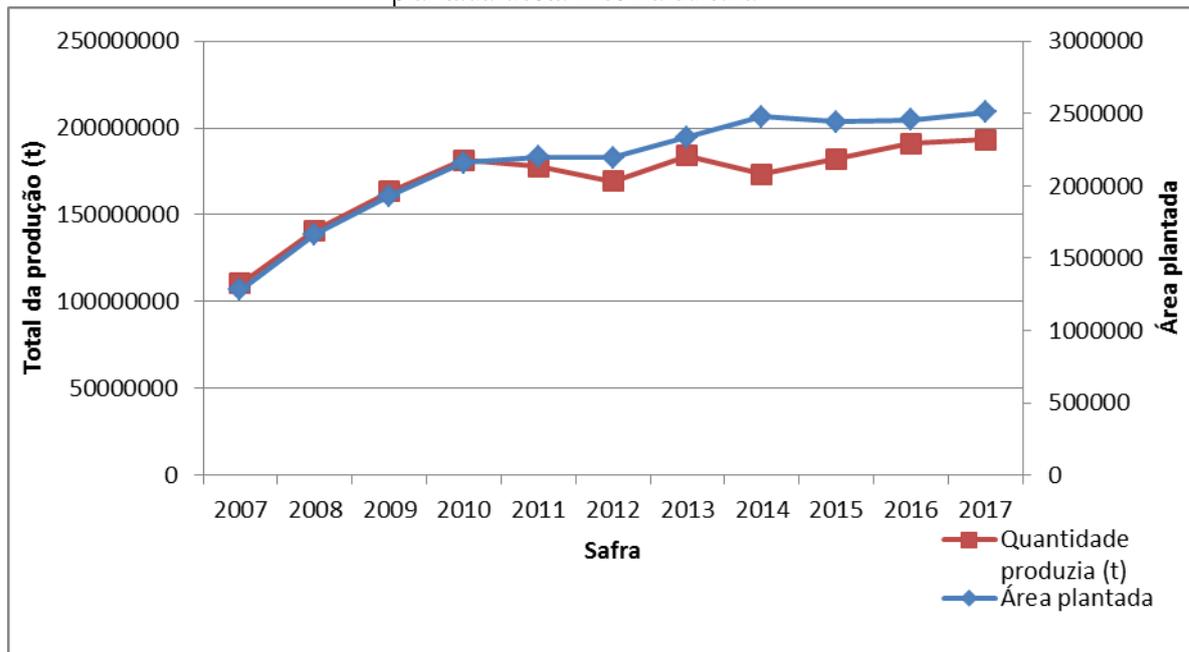


Fonte: Pesquisa de campo (2018).

Observa-se a partir do Gráfico 11, a evolução da área plantada de cana-de-açúcar no Oeste do Estado de São Paulo nos últimos anos. No início do período a área plantada seguiu mesma evolução que a área a colhida, porém no ano de 2012 nota-se uma queda na área plantada e conseqüentemente na quantidade produzida, mas essa queda demonstra que a tonelada média (Tabela 03) por hectare também caiu, em comparação com os anos anteriores.

O ano seco de 2014 apresenta uma área plantada alta, porém sua produção média por hectare em comparação com todo o período foi a mais baixa (Tabela 03), por fim o ano de 2017, considerado chuvoso, apresenta a maior quantidade de hectares plantados, também tendo uma maior produção, porém a tonelada por hectare não foi superior aos primeiros anos do período.

Figura 11. Relação entre o total da produção de cana-de-açúcar em toneladas e a área plantada desta mesma cultura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 03. Dados anuais da cana-de-açúcar do Oeste do Estado de São Paulo.

Ano	Área plantada (hectares)	Quantidade produzida (toneladas)	Toneladas por hectare (média)
2007	1282269	110585114	86,24
2008	1665456	140820013	84,55
2009	1930572	163362287	84,61
2010	2159734	181308448	83,94
2011	2199113	177948931	80,91
2012	2193670	169477978	77,25
2013	2335867	184200206	78,85
2014	2476015	173514224	70,07
2015	2442552	182036349	74,52
2016	2458186	191008648	77,70
2017	2508718	193323342	77,06

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conclusões

O presente trabalho permitiu notar as disparidades dos índices pluviométricos durante os três anos padrão analisados a partir das técnicas de estimação por Krigagem Ordinária no Oeste do Estado de São Paulo. As áreas plantadas e a produção de cana-de-açúcar neste mesmo recorte espacial e temporal apresentaram variações significativas em relação a estes mesmos anos analisados, podendo afirmar que ambas variáveis estão interligadas, pois o resultado da produção desta cultura denota um comportamento influenciado pela dinâmica climática, e principalmente pelos índices de precipitação pluviométrica.

Porém, cabe destacar que as produções elevadas de cana-de-açúcar se dão principalmente pelos regimes pluviométricos bem distribuídos ao longo de cada safra, além disso, outros fatores como o solo, disposição de nutrientes, temperatura e radiação solar, contribuem para esse aumento. É importante salientar que podem ser conseqüências também do uso da tecnologia avançada como a disseminação da irrigação em canaviais, que se apresenta num crescimento acelerado.

Referências

- AGRITEMPO. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/>>. Acessado em: novembro de 2018 a abril de 2019.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. C.; HEMERLEY, A.S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistema de Informações Geográficas**. Instituto de Computação. Campinas: UNICAMP, 1996. 193p. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>>. Acesso em: 27 jan. de 2019.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. IN: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, 2001. v.1. p. 01-05. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro>> Acesso em: 22 jan. 2019.
- CAMARGO, E.C.G. **Desenvolvimento, Implementação e Teste de Procedimentos Geoestatísticos (Krigagem) no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING)**. 1997. 106f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997.
- DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br/>>. Acessado em: Novembro de 2018 a Abril de 2019.
- AVILEZ, A.M.A.; HERNANDEZ, F.B.T.; BISPO, R.C.; GIOVANELLI, L.B. **Necessidade hídrica da cana-de-açúcar no Noroeste Paulista. Irriga Botucatu**. v.1. n.1. p. 171-188. Edição Especial 30 anos PG Irriga, 2018. Disponível em: <http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/necessidade_hidrica_cana_np.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.
- FERNANDES, A.J. **Manual da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livroceres, 2ª.ed. 1990. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acessado em: novembro de 2018 a abril de 2019.
- LANDIM, P.M.B. **Análise Estatística de dados Geológicos**. São Paulo: Editora da UNESP, 1998.
- MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: Estudo geográfico sob a forma de atlas**. USP/IG, São Paulo, 1973.
- RODRIGUES, M. **Introdução ao Geoprocessamento**. In: Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Maio, 1990. p. 1-26.
- SANT'ANNA NETO, J.L. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. São Paulo, 1995.
- SENTELHAS, P. C. **Clima e Agricultura, os desafios da variabilidade climática**. Casa do produtor rural. ESALQ/USP. 2014. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/cprural/artigos/mostra/86/clima-e-agricultura-os-desafios-da-variabilidadeclimatica.html>>. Acesso: 12 jan. 2019.

Agradecimento

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro (Processo número 2018/11829-0).

Sobre os autores (Informações prestadas pelos autores)

Karla Leticia Seviero Rampazzi

Graduanda em Licenciatura e Bacharelado em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista/Câmpus de Presidente Prudente. Tem experiência na área de Geociências.

Edilson Ferreira Flores

Professor Doutor do Departamento de Estatística da Faculdade de Ciência e Tecnologia/FCT da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/Campus de Presidente Prudente.

Como citar esse artigo

RAMPAZZI, K. L. S.; FLORES, E. F. Comportamento espaço-temporal da precipitação pluviométrica distribuída no oeste do estado de São Paulo – Brasil. In: **Revista Geografia em Atos** (GeoAtos online) - 60 anos do curso de Geografia da FCT/UNESP: memórias e desafios - v. 08, n. 15, p. 166-184, dez/2019. DOI: 10.35416/geoatos.v8i15.7003

Recebido em: 2019-11-25

Devolvido para correções em: 2019-12-17

Aceito em: 2019-12-20