



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL  
CAMPUS DE POMBAL-PB**

**IANKA CAROLINA DAMASCENO SOUZA**

**ALTERAÇÕES MICROCLIMÁTICAS NA CIDADE DE PETROLINA  
ASSOCIADAS A MUDANÇAS NA COBERTURA DO SOLO**

**POMBAL-PB**

**2018**

**IANKA CAROLINA DAMASCENO SOUZA**

**ALTERAÇÕES MICROCLIMÁTICAS NA CIDADE DE PETROLINA  
ASSOCIADAS A MUDANÇAS NA COBERTURA DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Virgínia de Fatima Bezerra Nogueira

**POMBAL-PB**

**2018**

S729a

Souza, Ianka Carolina Damasceno.

Alterações microclimáticas na cidade de Petrolina associadas a mudanças na cobertura do solo / Ianka Carolina Damasceno Souza. – Pombal, 2018.

43 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2018.

"Orientação: Profa. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira".  
Referências.

1. Mudança climática. 2. Práticas agrícolas. 3. Cultura irrigada. 4. Fruticultura irrigada. 5. Beterraba - cultura. I. Nogueira, Virgínia de Fátima Bezerra. II. Título.

CDU 551.583(043)

**IANKA CAROLINA DAMASCENO SOUZA**

**ALTERAÇÕES MICROCLIMÁTICAS NA CIDADE DE PETROLINA  
ASSOCIADAS A MUDANÇAS NA COBERTURA DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Profa. Dra. Virgínia de Fatima Bezerra Nogueira

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Virgínia de Fatima Bezerra Nogueira  
(Orientadora – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Jussara Silva Dantas  
(Examinadora Interna – CCTA/UFCG/*Campus* de Pombal-PB)

---

Prof<sup>a</sup> Msc. Alesca Barbosa Rodrigues  
(Examinadora Externa – conforme Resolução 01/2012)

*“Dedico este trabalho a Deus, que sempre foi o autor da minha vida e do meu destino. O meu ponto de paz. Pai, eu te amo”.*

*(Tio)*

*“Não sei porque você se foi  
Quantas saudades eu senti  
E de tristezas vou viver  
E aquele adeus não pude  
dar...  
E na parede do meu quarto  
Ainda estar o seu retrato...”*

*José Edinaldo*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado tamanha fé para superar as dificuldades e enxergar que o mundo pode ser melhor. Por me amparar todos os dias e não desistir de mim em nenhum momento.

Aos meus pais, Maria Iraci e Nelson Cárdenas, por todo o amor, educação e incentivo, serei eternamente grata por tudo que eles são em minha vida.

Ao meu irmão, Bernardo, tudo que fiz foi por ele, o amor em forma de pessoa. O mundo ficou bem melhor depois de sua chegada.

Ao meu pai Charles que sempre esteve guardado em meu coração.

Aos meus familiares, Pedro Italo, Paloma, Pedro, Maria Eduarda, Agustinha, Sergio, Augusto, Cleidione, Edinilson, Ana Thayne, Neiva, Maria de Fátima, Brasilina, João, Lucas de Tarso, que são os melhores do mundo, sempre confiaram em mim. E em especial a minha madrinha Maria Iracema, por ser minha segunda mãe e a Edinaldo por ser meu anjo da guarda, orgulho e guia. Eternizado na minha história.

As minhas melhores amigas, que mesmo distante nunca me deixaram na mão, Denise Campos, Lane Soares, Paloma Maria e Rafaëla.

A Ana Cecília e Emily Matias, que dividiram não só o lar comigo, como também os desesperos, viradas para estudo, lutas diárias e momentos de felicidade.

Aos meus amigos de sala: Airton Gonçalves, Catito, Felipe Torres, Filipe Carvalho, Lucas Oliveira, Natanael. Principalmente ao grupo NATA: Alice Pedrosa, Fagna Cavalcante, Marcelino Andrade, Mariana Figueiredo, Renata Gonçalves, vocês são maravilhosos, fizeram essa trajetória ser a mais divertida possível.

A esses seres iluminados que apareceram em minha vida: Abel, Bianca Louise, Débora, Elicarla Moitinho, Fabiana Thais, Gabriel Figueiredo, Gabriela Barros, Gustavo, Iago Felipe, Jair Barros, Jóia Nunes, José Carlos, Manu Rodrigues, Mateus Granja, Ravy Macedo, Paula Leite, Regyna, Rob, Stheffany, Samira Pinho, Viviane Araújo.

A minha Orientadora, que foi como uma mãe me acolheu e ajudou com muita dedicação. Eternamente grata por todo apoio.

Aos Professores: José Cleidimário, Luís Gustavo e Manoel Moises, aos quais sempre terei um carinho enorme.

As meninas da coordenação, direção e protocolo: Anna Karina, Valeska e Gerusia, estiveram sempre dispostas a ajudar com bastante simpatia.

Aos membros da banca de defesa: Prof<sup>a</sup> Msc. Aleska Barbosa Rodrigues e Prof<sup>a</sup>. Dra. Jussara Silva Dantas, pela grande gentileza de aceitarem o convite para participar da banca, para enriquecer este trabalho.

A CODEVASF por ter me dado à oportunidade de estágio, principalmente a Alberto, Gildemar, Roger e Rosi, que foram muito atenciosos com o meu desenvolvimento e aprendizado, e a Pedrina devido sua disposição para realização do estágio.

A universidade, pela possibilidade de realizar essa vitória.

E por fim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui, o meu muito obrigada.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Região Petrolina Juazeiro.....	16
Figura 2 - Ponte entre as cidades de Petrolina/PE e Juazeiro/BA.....	22
Figura 3 - Empreendimentos de Fruticultura.....	23
Figura 4 - Hidrografia Vale do São Francisco.....	25
Figura 5 - Distrito de Irrigação Nilo Coelho.....	26
Figura 6 - Localização do Polo Petrolina-Juazeiro.....	27
Figura 7 – Mapa de Localização da área de estudo.....	30
Figura 8 – Estação meteorológica de Bebedouro.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Culturas por hectare.....	17
Tabela 2 – Principais culturas.....	18
Tabela 3 – Parâmetros estatísticos a partir da série de precipitação pluviométrica.....	36

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Média mensal climatológica.....	35
Gráfico 2 – Tendência da precipitação, umidade e evaporação.....	37
Gráfico 3 – tendência da temperatura máxima, mínima e média.....	38
Gráfico 4 – tendência da radiação, insolação e velocidade.....	39

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CODEVASF- Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OMM - Organização Meteorológica Mundial

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SOUZA, Ianka Carolina Damasceno. **Alterações microclimáticas na cidade de Petrolina associadas a mudanças na cobertura do solo**. 2018. 44 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2018.

## RESUMO

O crescimento da fruticultura irrigada no município de Petrolina - PE, principalmente uva e manga, vem tomando destaque não só a nível nacional. Torna-se preocupante as intensas práticas agrícolas para exploração da agricultura, a remoção da cobertura nativa por cultura irrigada pode resultar em possíveis impactos no clima da microrregião. Dessa forma, investigaram-se mudanças em séries históricas de dados climáticos através de testes não paramétricos de Mann-Kendall e Pettitt. Analisaram-se séries temporais da temperatura do ar média, máxima e mínima, precipitação, radiação, insolação, velocidade do vento, umidade relativa e evaporação, entre 1975 a 2014. Com a aplicação dos testes, obteve-se que a precipitação diminuiu aproximadamente 193 mm pelo teste MK e os dois testes mostraram que as temperaturas máximas e mínimas aumentaram, e a radiação diminuiu. A umidade relativa, evaporação, insolação e velocidade do vento, apresentaram tendência negativa, porém não apresentaram significância estatística.

**Palavras-chave:** fruticultura irrigada, testes estatísticos e mudança climática

SOUZA, Ianka Carolina Damasceno. **Microclimatic changes in the city of Petrolina associated to changes in soil cover**. 2018. 44 pgs. Work of Course Conclusion (Graduation in Environmental Engineering) - Federal University of Campina Grande, Pombal-PB. 2018.

### **ABSTRACT**

The growth of irrigated fruit trees in the municipality of Petrolina - PE, mainly grape and mango, under the national sign. It becomes worrisome how intense practices for agriculture, the removal of native cover per irrigated crop, and can have more impact on the climate of the microregion. This study was to verify testing in data historians of testing testing in the data-the-round testing of Mann-Kendall and Pettitt. They analyzed the series of temperatures of the mean, minimum and minimum temperature, precipitation, radiation, insolation, wind speed, relative leakage and evaporation, between 1975 and 2014. mm by the MK test and the two testicles as the maximum and minimum temperatures increased, and radiation decreased. Evaporation, evaporation, insolation and wind speed, the negative trend, is no longer statistically significant.

**Keywords:** irrigated fruit farm, statistical tests and climate change

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
2.2 Clima (Aspectos Físicos).....	18
2.3 Variabilidade Climática .....	19
2.4 Déficit hídrico no Nordeste (seca).....	20
2.5 Rio São Francisco .....	22
2.6 Irrigação .....	25
2.7 Teste Estatístico .....	27
<b>3. MATÉRIAS E MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
3.1 Localização da área de estudo .....	29
3.2 Metodologia.....	31
3.2.1 Método de Mann-Kendall (MK).....	32
3.2.2 Teste de PETTITT .....	32
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>34</b>
4.1 Análises estatísticas da precipitação, umidade relativa e evaporação	34
4.2 Análises estatísticas das temperaturas.....	36
4.5 Análises estatísticas da radiação solar, insolação e velocidade do vento.....	38
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>40</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O município de Petrolina (Latitude 09° 23' 55" sul e Longitude: 40° 30' 03" Oeste), conhecido também como “capital das frutas” é o maior em extensão territorial de Pernambuco, localiza-se a 712 km a oeste da capital estadual, Recife. Localizada na macro bacia do rio São Francisco, possui o maior valor de produção das frutíferas, contribuindo com 1,9% no valor nacional (IBGE/PAM, 2013).

Conforme Araújo e Silva (2013), integrada ao Polo Petrolina/PE e Juazeiro/BA que é considerado um dos mais importantes centros econômicos no Sertão pernambucano e baiano, tem mais de 90% de produção exportada para Europa, Estados Unidos e Japão, devido à alta qualidade dos seus produtos.

A implantação dos perímetros de irrigação no município de Petrolina começaram na década de 1968 pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), e a partir desse período, várias unidades foram implantadas com o objetivo de promover o desenvolvimento regional, a exemplo dos Projetos de Irrigação Senador Nilo Coelho e Maria Tereza. Os quais cultivam principalmente fruteiras, como manga e a uva. O Senador Nilo Coelho é o mais extenso e com maior produção. O distrito de irrigação expandiu sua rede comercial para investidores de outras regiões do país, como também para o exterior.

Aliando o clima quente e seco com o sistema de irrigação, possibilita a obtenção de ciclos consecutivos de produção, colheitas em qualquer época do ano e produtividade acima da média nacional (MARINOZZI, 1999).

Segundo IBGE, no ano 2017, as exportações de manga direto de Petrolina foram de 173.360 T e no Brasil 1.087.091 T, corresponderam a, aproximadamente, 10%. Já de uva em Petrolina a quantidade produzida foi de 464.000 T e no Brasil 1.912.034 T, aproximadamente, 8%.

A atividade antrópica de desmatamento que substituiu a vegetação nativa por extensas áreas com manga e uva, podem acarretar sérios problemas para o microclima local do município de Petrolina. O bioma caatinga é potencialmente vulnerável às mudanças climáticas.

Dessa forma, o presente estudo tem com o objetivo investigar se a irrigação no perímetro de Petrolina modificou o microclima local, a partir de análise estatística para identificar tendências anuais da temperatura do ar média, máxima e mínima, precipitação, radiação, insolação, velocidade do vento, umidade relativa e evapotranspiração, utilizando uma série histórica de 33 a 40 anos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Plantação de manga e uva

Situado na região nordestina brasileira no submédio do rio São Francisco, está localizado o polo Petrolina-Juazeiro que abrange os seguintes municípios: Juazeiro/BA, Curaçá/BA, Sento Sé/BA, Sobradinho/BA, Casa Nova/BA, Petrolina/PE, Lagoa Grande/PE, Santa Maria da Boa Vista/PE e Orocó/PE.

**Figura 2 - Região Petrolina Juazeiro**



Fonte: Barros et al (2008). Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/897.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

Dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), apontam que a região possui uma área de 46.651 Km<sup>2</sup> e tem uma população aproximada de 725.930 habitantes (MARKESTRAT, 2009).

Vários são os frutos cultivados e comercializados na região de Petrolina Juazeiro, no entanto as culturas que se destacam são a banana, a manga, o coco verde e a uva. Conforme é verificado no estudo feito por Rocha (1998), dentre as principais vantagens competitivas do aglomerado fruticultor do Vale do São Francisco são:

- a) disponibilidade de água e terra;
- b) mão-de-obra barata e qualificada;
- c) condições climáticas favoráveis ao cultivo de frutas durante praticamente o ano todo, como alta insolação e baixa umidade;
- d) disponibilidade de infraestrutura para a irrigação;

e) disponibilidade de recursos federais, como Finep, CNPq, Embrapa; e estaduais – governo estadual, lideranças empresariais e locais, como instituições de pesquisa, produtores, cooperativas;

f) acesso ao mercado nacional e internacional; e

g) boa logística de escoamento da produção, destacando-se os portos de Suape e Pecem (ROCHA, 1998).

O dados apurados pelo IBGE (2009) também apontam as áreas que são consideradas frutíferas ocupadas com a região que corresponde a 47.619 hectares, conforme discriminado na tabela 1. Na mesma tabela é possível apurar que a maior área está ocupada com as culturas da manga e da uva, sendo a primeira com uma área de 22.327 hectares e a segunda com área de 9.107 hectares, representando cerca de 66% de participação da área de fruticultura.

**Tabela 1 - Culturas por hectare**

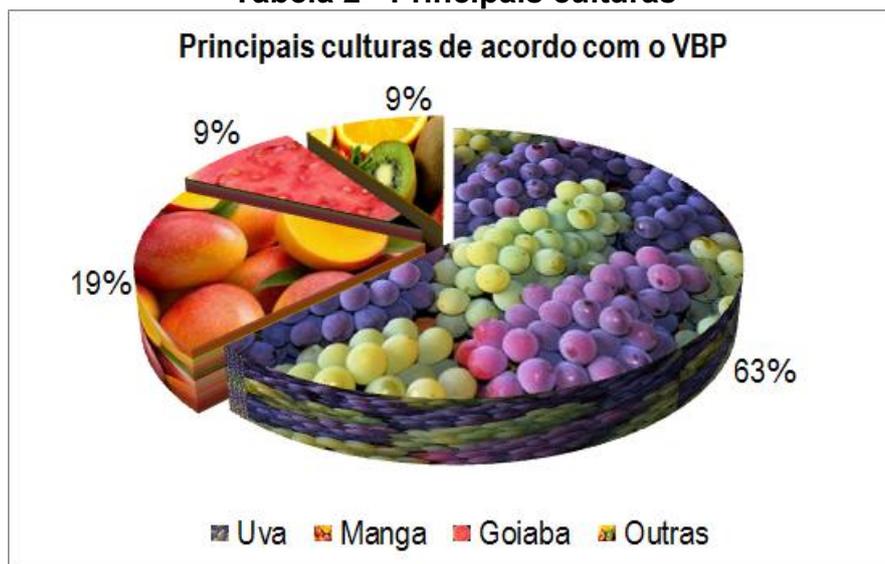
<b>CULTURAS</b>	<b>ÁREA (ha)</b>
Manga	22.327
Uva	9.107
Banana	7.814
Côco Verde	3.084
Goiaba	3.024
Maracujá	1.507
Mamão	459
Limão	297
TOTAL	47.619

**Fonte: IBGE, 2009**

No Polo Agroindustrial de Petrolina-Juazeiro encontram-se os maiores produtores de manga e uva do país, tendo alguns deles já alcançado mercados externos. A área plantada com uva de mesa cresceu no período de 1991/1995 em 71,8%, ampliando sua área de 2.620 hectares para cerca de 4.500 hectares, enquanto a produção cresceu no mesmo período em cerca de 344%, correspondendo ao montante de 32 mil toneladas (EMBRAPA, 2001).

O professor da Universidade Federal pernambucana Ricardo Chaves (2017) que é PHD em economia agrícola, também afirma que no ano a região produz cerca de 604 mil toneladas de manga e 252 mil toneladas de uvas, de acordo com informações da Vale Export.

**Tabela 2 - Principais culturas**



Fonte: MIRANDA (2000)

As frutas produzidas são vendidas no mercado interno e também exportadas. Dentre os principais importadores das referidas frutas estão Holanda, Reino Unido, Estados Unidos, Espanha, Alemanha, Canadá, e Argentina, segundo dados do Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (AliceWeb), em 2017.

## **2.2 Clima (Aspectos Físicos)**

O Brasil é conhecido por produzir frutas tropicais e de clima temperado, sendo que as principais frutas que são produzidas ao longo de sua extensão territorial são manga, melão, uva, banana, abacaxi, limão, mamão e maçã (FACHINELLO et al., 2008).

No entanto, quem se propõem a produzir as frutas tropicais precisam estar atentos às técnicas de manejo do solo e da planta, além da estrutura de armazenamento, logística, embalagens adequadas e a própria desinformação do produtor. Fato é que o plantio dessas frutas faz surgir várias dificuldades técnicas, e o Brasil apresenta uma grande diversidade de climas e solos, o que pode ser entendido como vantagem comparativa para produção de frutas de alta qualidade e com uma variedade de espécies que vão desde frutas tropicais e subtropicais, a temperadas (FACHINELLO et al., 2008).

O clima influencia diretamente na vida de quem vive no campo. No ano de 2017 as temperaturas foram um pouco mais baixas em Petrolina, o que

ocasionou em um grande impacto no plantio da uva. "Os produtores têm reclamado que, como fez mais frio, é preciso usar mais agrotóxicos para o controle de pragas, o que acaba aumentando os custos da produção" (GOMES, 2017).

Continua o empresário "No caso da uva, existem muitas variáveis, como o clima, o controle de pragas etc. Muitas delas podem dar errado. Para que a safra seja boa, não podemos errar".

Na região nordestina do país devido aos modernos sistemas de irrigação e das altas temperaturas durante o ano todo, que, em tese, possibilita uma produção contínua, isto porque o clima é semiárido, pode ajudar a cultivar frutas tropicais, subtropicais e mesmo frutas temperadas. O clima nessas áreas é seco e com um alto nível de exposição solar, o que favorece a produtividade e a prevenção natural de muitas doenças, em consequência da baixa umidade que predomina em grande parte do ano (NASCIMENTO, 2001).

Pode-se dizer que o clima da região que compreende o polo Petrolina-PE/Juazeiro-BA é do tipo BSw<sup>h</sup>, segundo a classificação de *Köppen*. E para tanto são utilizados os seguintes parâmetros climáticos na plantação, segundo Teixeira, Filho (2004):

- Radiação solar;
- Temperatura do ar;
- Umidade do ar;
- Velocidade do vento;
- Precipitação pluviométrica;
- Potencial climático da região do submédio São Francisco.

### **2.3 Variabilidade Climática**

Uma das características do semiárido nordestino em relação a precipitação pluviométrica, é a sua elevada variabilidade espacial e temporal, onde a maioria das regiões sofrem com as variações nas precipitações totais mensais e anuais, assim como sua alternância irregular espacial, em que determinada área conta com meses de abundantes chuvas e outras há ocorrência de um número maior de meses secos. Estes fatores estão relacionados aos padrões de larga escala, como, a circulação geral da atmosfera, a relação presente entre os oceanos e atmosfera e os atributos

relacionados à topografia e aos fatores geográficos (ALMEIDA; SOUZA NETO; SILVA, 2005).

De acordo com Costa, Becker e Brito (2013), referenciando Morettin et al (1981) relataram que o estudo de séries temporais é a comparação de determinada variável em diferentes períodos e ao longo de determinado intervalo. Este estudo se apresenta como um instrumento crucial em diversas áreas de pesquisa. Se tratando de variáveis climáticas, o seu emprego, permite reconhecer tendências e oscilações climáticas ao longo do tempo, assim como, o motivo e efeitos dessas prováveis irregularidades.

Por sua vez, a variação espacial de uma área, leva em conta a ocorrência da variável climática em determinada região e a diferença da mesma em outro ponto, tal que esta não é só representada pelas variações dinâmicas da circulação atmosférica, pode ser também influenciada principalmente pela localização geográfica, altitude, temperatura, distância de fontes de umidade, direção, intensidade dos ventos e relevo (SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2011).

O estudo de séries temporais e variações espaciais de precipitação são fundamentais para o entendimento de sua distribuição e controle dos recursos hídricos, essencialmente em regiões de secas frequentes, pois a partir do conhecimento do estudo, é possível planejar e gerenciar os recursos, proporcionando ações que minimizem e até evitem problemática de escassez de água (ANJOS, et al 2017).

A precipitação é um dos princípios climáticos diretamente relacionado a produção agrícola, interferindo principalmente nas mudanças de rendimento das culturas (LIMA, 2017). Uma das causas limitantes para o desenvolvimento e a estabilização da agricultura em diversas partes do Nordeste, é a irregularidade na distribuição sequencial de chuvas (NOVO, 2014 referenciando SAGRI, 2016).

#### **2.4 Déficit hídrico no Nordeste (seca)**

As secas se constituíram, durante muito tempo, em um problema do Norte. Como tal, ficaram assim conhecidas até às duas primeiras décadas do século XX, quando passaram a ser tratadas e enfrentadas por instituições criadas com a específica missão de minimizar os seus efeitos sobre a

população do espaço que ia, aos poucos, sendo denominado de Nordeste (CARVALHO, 2012).

O grande déficit hídrico na produção das frutas afeta o crescimento e o desenvolvimento das culturas de todo o país. Não é de hoje que o produtor vem procurando alternativas para resolver esse mal, buscando meios de aproveitamento da água.

Infelizmente o déficit hídrico é muito comum em produção de muitas culturas, ocasionando em um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (LECOEUR; SINCLAIR, 1996); assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> para produção de carboidratos (TAIZ; ZEIGER, 1991).

A necessidade de se resolver este conflito leva a planta a desenvolver mecanismos morfofisiológicos que as conduzem a economizar água para uso em períodos posteriores (MCCREE; FERNÁNDEZ, 1989) levando assim as plantas a tentarem atingir a produção de sementes.

De acordo com Confalone e Dujmovich (1999) o suprimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera. As influências recíprocas entre esses componentes básicos tornam o sistema dinâmico e fortemente interligado, de tal forma que a condição hídrica da cultura dependerá sempre da combinação desses três segmentos. rica, a quantidade de água consumida pelas plantas é igual à evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>m</sub>).

Esta, por sua vez, é dependente das condições meteorológicas que ocorrem durante o ciclo de desenvolvimento das plantas (MATZENAUER; BERGAMASCHI; BERLATO, 1998), do tipo de solo e características da planta como área foliar, sistema radicular e altura de plantas. Já o déficit hídrico é caracterizado pela ocorrência de chuvas inferior à evapotranspiração das culturas.

Uma das alternativas para fugir dos períodos mais sujeitos à ocorrência de déficit hídrico consiste no planejamento da atividade agrícola, fazendo coincidir as épocas de maior consumo de água pelas plantas, com a maior disponibilidade hídrica da região. Mas a maneira mais segura de se reduzir o risco causado pela deficiência hídrica é através do uso da irrigação (SILVA, 2009).

O uso da irrigação possibilita o aumento na produtividade dos cultivos e a melhoria na qualidade da produção, além de diminuir consideravelmente os riscos da atividade agrícola. Entretanto, como a água é um bem finito e os custos inerentes à aplicação da água (consumo de energia + depreciação do equipamento) são consideráveis, o uso deve ser realizado com cautela (SILVA, 2009).

## 2.5 Rio São Francisco

A zona semiárida inserida no nordeste brasileiro situa-se na parte mais ocidental do continente sul americano. Integram-se a essa zona cerca de 900 municípios, com população de aproximadamente 17 milhões de habitantes (EMBRAPA, 2001).

**Figura 2 - Ponte entre as cidades de Petrolina/PE e Juazeiro/BA**



Fonte: EMBRAPA. A região do vale do rio São Francisco. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod\\_int/regiaosf.html](http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod_int/regiaosf.html)>. Acesso em: 24 nov. 2018.

A uva syrah é a campeã em resveratrol no Vale do São Francisco. “A gente conseguiu concentrações seis vezes superior aos vinhos obtidos em vinhos de clima temperado com a mesma uva, como, por exemplo, a França e a Espanha”<sup>1</sup>, afirma a pesquisadora Luciana Andrade Lima, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Mesmo que a produção de uva do País seja liderada pelo Rio Grande do Sul, o polo Juazeiro-Petrolina, situado no submédio do Rio São Francisco, é a maior região exportadora da fruta no Brasil. E junto ao cultivo da uva, está a

---

<sup>1</sup> DUARTE, Hélder. Vale do São Francisco é o único lugar que produz uva até três vezes por ano. **G1**. 17 dez. 2010. Disponível em: <<http://g1.globo.com/globo-reporter/noticia/2010/12/vale-do-sao-francisco-e-o-unico-lugar-que-produz-uva-ate-tres-vezes-ao-ano.html>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

produção e a exportação de manga, que também gera uma importante renda (MUNDO HUSQVARNA, 2015).

Por sua região fértil, fortalecida com a irrigação, o Vale do São Francisco se tornou um importante produtor de frutos e hortaliças. A área margeada pelo rio São Francisco nos estados de Minas Gerais, Bahia e Pernambuco, com destaque para as cidades de Juazeiro, na Bahia e Petrolina, em Pernambuco gera um faturamento de R\$ 2 bilhões ao ano atualmente os 120 mil hectares irrigados que abrangem os perímetros irrigados da Bahia (DINHEIRO RURAL, 2014).

No Vale do São Francisco, os empreendimentos de fruticultura estão distribuídos em três categorias: pequenos (com até 20 hectares) 94%; médios (acima de 20 a 50 hectares) 4%; grandes (acima de 50 hectares) 2%; onde são gerados 240.000 empregos diretos no campo, classificando o Vale como a maior região produtora dessas frutas do Brasil (CONSUL AGRÍCOLA, 2018).

**Figura 3 - Empreendimentos de Fruticultura**



Fonte: IBGE. No Vale do São Francisco, Censo Agro colhe dados de frutas que ganham o mundo. Agência IBGE Notícias. 11 dez. 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/18656-no-vale-do-sao-francisco-censo-agro-colhe-dados-de-frutas-que-ganham-o-mundo>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

Na imagem acima é possível ver o Rio São Francisco cruzando propriedades agrícolas em Pernambuco. Isto porque entre 2002 até 2017 a produção da região cresceu de 1.050 toneladas, para cerca de 12.500 toneladas. Nesse mesmo período as exportações desses produtos geraram na região cerca de 18.000 empregos diretos (IBGE, 2017).

De acordo com Silva e Correia (2004), a mangicultura na região semiárida tem destaque no cenário nacional não só pela expansão da área cultivada e do volume de produção, mas, sobretudo, pelos elevados rendimentos obtidos e pela qualidade da fruta produzida. A cultura da manga possui uma especial importância econômica e social, visto que envolve um grande volume anual de negócios voltados para os mercados interno e externo. É importante ressaltar que apesar de não apresentar um elevado coeficiente de geração de empregos diretos, quando comparado com outras fruteiras, a manga se destaca entre as culturas irrigadas da região, pois confere oportunidades de ocupações que se traduzem em empregos indiretos.

No entanto, fica evidente o porquê a região possui características naturais que, juntamente com as técnicas de irrigação, contribui para o crescimento econômico de forma veloz e expressiva. Na visão dos autores Lima e Miranda (2000), o relevo da região é formado por solos sedimentares e cristalinos ou cristalinos profundos, que são devidamente drenados, além do relevo plano e suave ondulado, o que resulta em boas condições à prática agrícola.

É possível afirmar que estes contam com uma bacia hidrográfica que contribui significativamente, isto porque o rio São Francisco acaba se destacando por ser perene e navegável, fazendo a ligação do sertão nordestino ao norte de Minas Gerais.

**Figura 4 - Hidrografia Vale do São Francisco**



Fonte: Hidrografia do Vale do São Francisco. Disponível em: <<http://www.geografia.seed.pr.gov.br>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

No que se refere à localização, Silva, Rezende e Silva (2000) defendem que a região está situada relativamente na proximidade de importantes capitais do Nordeste (distante cerca de 770 Km de Recife, 520 Km de Salvador e 850 Km de Fortaleza).

Silva, Rezende e Silva (2000), abordam que com proximidade do mercado europeu e norte americano, leva vantagem de até seis dias de transporte marítimo em comparação com as cargas que partem de portos da região Sudeste.

Portanto, conta-se com uma localização estratégica e privilegiada. De acordo com Lima e Miranda (2000), a fruticultura proporcionou mudanças na estrutura social da região, pois na medida em que sua cadeia intensificou a geração de empregos, enfatizou o trabalho familiar e também induziu a especialização da mão-de-obra.

## **2.6 Irrigação**

"De 1970 até 1996 o PIB médio dos 65 municípios do médio São Francisco cresceu menos de três vezes, passando de US\$ 11 milhões para US\$ 30 milhões. Em Petrolina o PIB que já era de US\$ 75 milhões chegou a

US\$ 464 milhões"<sup>2</sup>. Essas são as palavras de Zacarias Ribeiro chefe da divisão de Planejamento da (Codevasf), em Petrolina.

Ribeiro ainda acrescenta: "Não há nenhum outro fator socioeconômico além da irrigação que possa explicar o crescimento neste período." Os projetos de irrigação em Petrolina são divididos em grandes perímetros administrados por um Distrito de Irrigação.

**Figura 5 - Distrito de Irrigação Nilo Coelho**



**Fonte: ALVES, Edenevaldo. Distrito de Irrigação Nilo Coelho passará a adotar sistema de racionamento de água a partir de outubro. 23 set. 2015. Disponível em: <<http://www.edenevaldoalves.com.br/distrito-de-irrigacao-nilo-coelho-passara-a-adotar-sistema-de-acionamento-de-agua-a-partir-de-outubro/>>. Acesso em: 25 nov. 2018.**

Os projetos públicos de irrigação Senador Nilo Coelho e Bebedouro, no município de Petrolina, no sertão pernambucano, atingiram R\$ 1,43 bilhão em valor bruto de produção, com mais de 700 mil toneladas colhidas, principalmente frutas, mesmo em meio à estiagem prolongada que afeta o Nordeste do Brasil. Os dados fazem parte do balanço de 2016, divulgados pela Área de Gestão de Empreendimentos de Irrigação da Companhia de Desenvolvidos dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf).

A partir da década de 1960, o governo federal passou a investir em perímetros de irrigação e criou, entre outros, o Polo Petrolina-Juazeiro, no submédio do Vale do São Francisco, considerado, por vários autores (SILVA,

---

<sup>2</sup> BBC BRASIL. Irrigação muda paisagem e economia de Petrolina. 4 set. 2002. Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2002/020904\\_paulodb.shtml](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2002/020904_paulodb.shtml)>. Acesso em: 25 nov. 2018.

1989; SAMPAIO e SAMPAIO, 2004; OLIVEIRA et al., 1991; LIMA e MIRANDA, 2000; entre outros), como o Polo de irrigação de maior sucesso da região Nordeste.

Atualmente existem sete perímetros em funcionamento no Polo Petrolina/Juazeiro – “Bebedouro”, “Senador Nilo Coelho” e sua recente extensão “Maria Tereza”, em Petrolina; e “Curaçá”, “Maniçoba”, “Tourão” e “Mandacaru” em Juazeiro – tendo sido implementados em diferentes épocas e condições.

O Bebedouro foi o primeiro perímetro irrigado a ser construído no Polo, em 1968, servindo, junto ao perímetro de Mandacaru (BA), como laboratório para análise da viabilidade econômica de tais investimentos para o semiárido. Por sua vez, o Perímetro Nilo Coelho teve o início de seu funcionamento no ano de 1984, período em que já se havia observado a viabilidade econômica destes investimentos para a região, comprovada pela elevada taxa de crescimento econômico observada nos municípios do Polo (SOBEL e ORTEGA, 2010).

Assim, verifica-se que, mesmo sendo alvos da mesma política pública e sendo praticamente vizinhos, estes perímetros – o Bebedouro e o Nilo Coelho – tendem a apresentar distintas realidades em seu interior, tanto no nível econômico, quanto social e ambiental, em função dos momentos em que são constituídos.

## **2.7 Teste Estatístico**

Wanderley et al (2013), relatam que para um melhor aprimoramento das gestões públicas que resultem em conduzir ações acerca de gerenciamento dos recursos hídricos e mitigar os seus impactos sobre a agricultura e meio ambiente, é fundamental conhecer informações sobre as alterações no regime pluviométrico decorrentes das mudanças climáticas.

Hoje em dia, há uma crescente necessidade em compreender como as alterações no clima estão modificando os regimes pluviométricos de determinado território. Porém, a condição inicial para este entendimento seria estudar a homogeneidade de séries temporais e a permanência de tendências (BACK, 2001). Empregar o uso uma estatística probabilística que venha definir a ocorrências de fenômenos extremos de precipitação, também é um passo

fundamental, pois através deste recurso poderá reduzir vulnerabilidade humana frente aos impactos ambientais (BLAIN; MORAES, 2011).

O teste de Mann-Kendall, proposto inicialmente por Sneyers (1975), considera que, na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente, e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples). Goossens & Berger (1986) afirmam que o teste de Mann-Kendall é o método mais apropriado para analisar mudanças climáticas em séries climatológicas e permite também a detecção e localização aproximada do ponto inicial de determinada tendência.

Inicialmente proposto por Mann (1945) e Kendall e Stuart (1967), o teste não paramétrico de Mann-Kendall (MK), quando comparado a outros métodos paramétricos, é bastante robusto quanto a desvios da normalidade e não-estacionaridade dos dados, justificando o fato do mesmo ser muito utilizado em estudos de tendências em séries temporais.

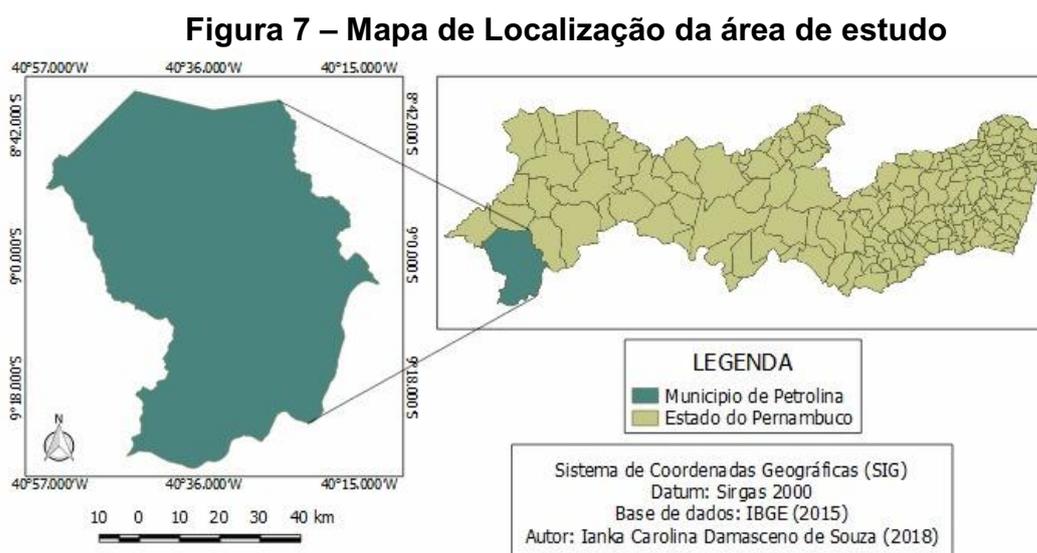
O teste de Pettitt (Pettitt, 1979) é um dos métodos mais apropriados para observar mudanças climáticas, pois, identifica de forma precisa, o local inicial de uma determinada tendência em um parâmetro climatológico (PENEIREIRO; FERREIRA, 2012 referenciando GOOSSENS; BERGER, 1986).

Wanderley et al (2013) comenta com base em outros estudos, que o teste de Pettitt, se sobressai entre os outros métodos, em virtude de ser o mais sensível à distribuição heterogênea e a dados adulterados, sobretudo em pesquisas de temperatura, precipitação e vazão. O autor, relata ainda, que as mudanças abruptas presentes em séries temporais podem ser oriundas da ação antrópica, tal como, mudanças do local da medição e troca de instrumentos, como também, resultantes da alteração climática.

### 3. MATÉRIAS E MÉTODOS

#### 3.1 Localização da área de estudo

Petrolina está localizada na Microrregião de Petrolina e na Mesorregião do São Francisco Pernambucano (Figura 7), possui uma população de aproximadamente 340.000 habitantes, distribuída em 4.561,87 km<sup>2</sup>, cerca de 4,8% da área do estado de Pernambuco e é dividida em 54 bairros (Rio de Janeiro, 2017).



**Fonte: Autoria própria, 2018**

Abrange também, dois projetos de irrigação: o Bebedouro e Nilo Coelho. O Bebedouro teve início de funcionamento em 1968 e sua área total é de 8.076 ha, em Nilo Coelho, por sua vez, foi em 1984 e conta com 40.763 ha, respectivamente (SOBEL e ORTEGA, 2010).

O clima da região segundo a classificação de Köppen, BswH – é quente e seco, com temperaturas extremamente variáveis. O município encontra-se inserido na depressão sertaneja, definido por um relevo suave-ondulado. A vegetação predominante na área é do tipo caatinga arbustivo-arbórea, com espécies hiperxerófila (ARAÚJO, 2013). A área é caracterizada por má distribuição das chuvas e baixos índices pluviométricos, com período de estiagem anual de oito meses, de abril a novembro. Porém, a disponibilidade

de água vem sendo remediada com a implantação do sistema de irrigação pelo rio São Francisco.

### 3.2 Metodologia

Os dados de precipitação pluviométrica, umidade relativa, temperatura máxima e média do ar compreendeu o período de 1975 a 2014 (40 anos); evaporação, insolação e radiação dispuseram de uma série histórica de 39 anos, de 1976 a 2014; velocidade do vento de 1975 a 2005; 2008 a 2014 (38 anos), já a temperatura mínima do ar foi de 1975 a 1999; 2007 a 2014 (33 anos) foram provenientes da estação meteorológica convencional de Bebedouro (Figura 8), Embrapa Semi-Árido, em Petrolina/PE.

**Figura 8 – Estação meteorológica de Bebedouro**



Fonte: Autoria própria, 2018

### 3.2.1 Método de Mann-Kendall (MK)

O teste de Mann-Kendall é um teste não-paramétrico (MANN, 1945; KENDALL, 1975), sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliação da tendência em séries temporais de dados ambientais.

A estatística do teste é a seguinte (SILVA *et al.*, 2010):

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j) \quad (1)$$

Em que:  $x_j$  são os dados estimados da sequência de valores,  $n$  é o comprimento da série temporal e o sinal  $(x_i - x_j)$  é igual a -1 para  $(x_i - x_j) < 0$ , 0 para  $(x_i - x_j) = 0$ , e 1 para  $(x_i - x_j) > 0$ . O teste de Mann-Kendall é um teste normalmente usado para avaliar tendência de séries temporais de dados ambientais com bastante eficiência. Kendall (1975) mostrou que  $S$  é normalmente distribuída com média  $E(S)$  e variância  $\text{Var}(S)$ , para uma situação na qual pode haver valores iguais de  $x$ , são calculadas pelas equações:

$$E[S] = 0 \quad (2)$$

$$\text{Var}[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=t}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (3)$$

Em que:  $(t_p)$  é número de dados com valores iguais num certo grupo ( $p$ th) e  $q$  é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados num certo grupo  $p$ . O segundo termo representa um ajuste para dados censurados.

O teste estatístico parametrizado ( $Z_{MK}$ ) é computado pela seguinte equação:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{para } S > 0; \\ 0 & \text{para } S = 0; \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{para } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

A presença de uma tendência estatisticamente significativa é avaliada usando o valor de  $Z$ . Essa estatística é usada para testar a hipótese nula, ou seja, que nenhuma tendência existe. Um valor positivo de  $Z_{MK}$  indica um aumento da tendência, quando negativa indica uma tendência decrescente.

Para testar a tendência crescente ou decrescente no nível de significância de  $p$ , a hipótese nula é rejeitada se o valor absoluto de  $Z$  for maior que  $Z_{1-p/2}$ , utilizando-se a tabela da distribuição normal cumulativa padrão. Os níveis de significância de  $p = 0,01$  e  $0,05$  foram aplicados neste estudo. Uma estimativa não-paramétrica para o valor da inclinação da tendência e obtida de acordo com Silva *et al.* (2010):

$$\beta = \text{Median} \left[ \frac{(x_j - x_i)}{(j-i)} \right], \text{ para } i < j \quad (5)$$

Em que:  $x_j$  e  $x_i$  são os pontos dados medidos no tempo  $j$  e  $i$ , respectivamente.

### 3.2.2 Teste de PETTITT

Para determinar o ano que houve o ponto de mudança brusca na série histórica de precipitação, foi empregada a estatística não-paramétrica de Pettitt. Esse teste será utilizado como um dos indicadores de alterações no microclima de Petrolina. De acordo com Back (2001) este aplica uma versão do teste de Mann-Whitney, em que consiste verificar se duas amostras  $X_1, \dots, X_t$  e  $X_{t+1}, \dots, X_T$  são da mesma população.

Conforme Pettitt (1979) a estatística  $U_{t,T}$  pode ser calculada aplicando a seguinte equação:

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + V_{t,T} \quad (6)$$

Para  $t=2, \dots, T$ ;

$$V_{t,T} = \sum_{j=1}^T (\text{sgn}(X_t - X_j)) \quad (7)$$

Segundo Nogueira (2015), no momento que não houver laços nos dados,  $V_{t,T} = T+1-2R_t$ , onde  $R_t$  é ordem  $X_t$  na amostra de  $T$  observações. Em que, a estatística  $K(t)$  identifica o ponto em que ocorreu alteração brusca na média da série temporal, descrita pela equação (7) a seguir.

$$K(t) = \text{MAX } 1 \leq t \leq T |U_{t,T}| \quad (9)$$

No qual, o nível de significância para 5% foi calculado aproximadamente pela equação abaixo:

$$p \cong 2e^{\frac{-6(K(t))^2}{T^3 + T^2}} \quad (10)$$

O ponto de mudança brusca é o t onde ocorre o máximo de k(t).

Os valores críticos de K podem ser calculados pela equação:

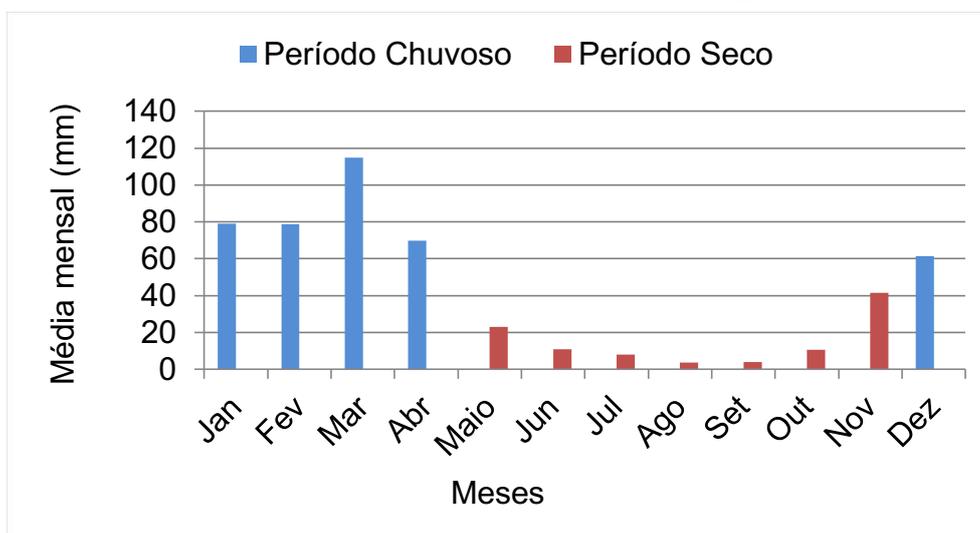
$$K_{crit} = \pm \sqrt{\frac{-\ln\left(\frac{p}{2}\right)(T^3 + T^2)}{6}} \quad (11)$$

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análises estatísticas da precipitação, umidade relativa e evaporação

Com a realização de uma climatologia compreendendo um período de 40 anos de dados pluviométricos mensais, verificou-se uma alta variabilidade de precipitação ao longo do ano no município de Petrolina. Com base no histograma (Gráfico 1) é possível notar dois períodos bem definidos e distintos: o chuvoso e o seco. O período chuvoso compreende os meses de dezembro a abril, com precipitação média mensal próximo a 81 mm, onde o mês de março se destaca com a maior média mensal de 114,72 mm. Já o período seco é caracterizado pelos meses de maio a novembro, tendo novembro o maior valor médio mensal dentro desse período, com 41,7 mm, sendo agosto o mês mais seco do ano, com média de 3,67 mm.

**Gráfico 1 – Média mensal climatológica**



Fonte: Autoria Própria (2018)

Anualmente 1985 foi o de maior registro de precipitações com média de 1023,5 mm e o de 2012 sendo o menor, com média de 107,2.

A partir da Tabela 3, é possível analisar que o coeficiente de variação apresentou variações superiores a 75% para todos os meses, o que representa uma extensa variabilidade na precipitação da cidade de Petrolina, ao longo do ano. Destacam-se os valores de desvio padrão, onde apresentaram os maiores

valores para os meses do período chuvoso, retratando que dentre esses meses a uma maior dispersão em relação a sua média, a média anual foi de 41,60.

**Tabela 3 – Parâmetros estatísticos a partir da série de precipitação pluviométrica**

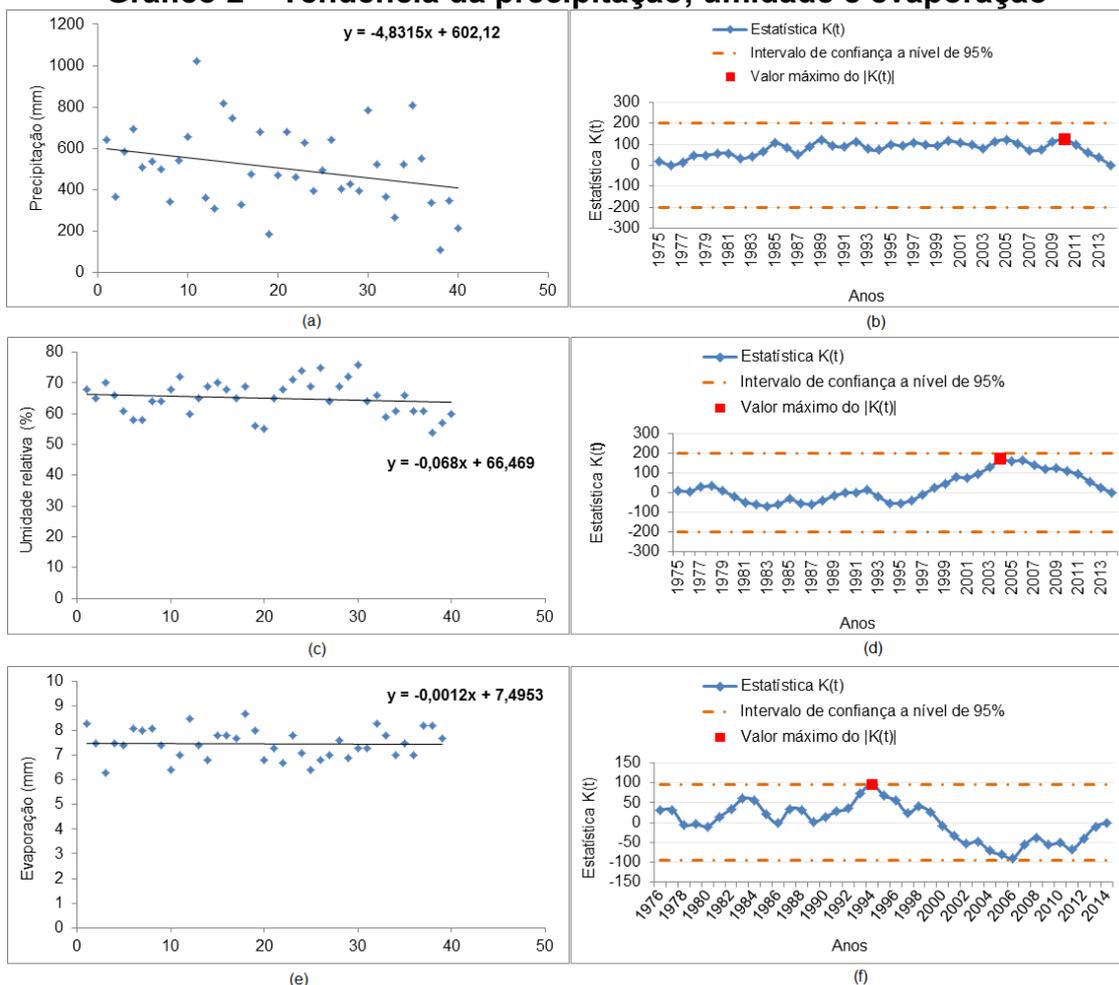
Meses	Parâmetros		
	Média (mm)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
Jan	79,01	89,14	1,13
Fev	78,77	70,76	0,90
Março	114,72	95,24	0,83
Abril	69,85	54,67	0,78
Mai	22,97	26,54	1,16
Junho	10,83	13,14	1,21
Julho	7,92	11,43	1,44
Agosto	3,67	5,37	1,47
Setembro	4,08	8,10	1,99
Outubro	10,52	21,33	2,03
Novembro	41,37	38,39	0,93
Dezembro	61,45	65,06	1,06

Fonte: Autoria Própria (2018)

No teste de Mann-Kendall ocorreu uma considerável diminuição na série de Precipitação Total Anual (-193,26 mm em 40 anos). Nota-se também uma distribuição marcada por irregularidades (Gráfico 2a). Também houve diminuição para a umidade relativa (2,72(%) em 40 anos) e evaporação (0,0468 mm em 39 anos), Gráfico 2c e 2e respectivamente.

O teste de Pettitt indica o ponto de mudança brusca do valor máximo de  $K(t)$ , quando este for maior que o limite crítico (intervalo de confiança) estabelecido, o teste não identificou mudança significativa para a série de precipitação (Gráfico 2b), umidade relativa (Gráfico 2d) e para evaporação (Gráfico 2f), apesar desse último ter atingido o limite de confiança.

**Gráfico 2 – Tendência da precipitação, umidade e evaporação**



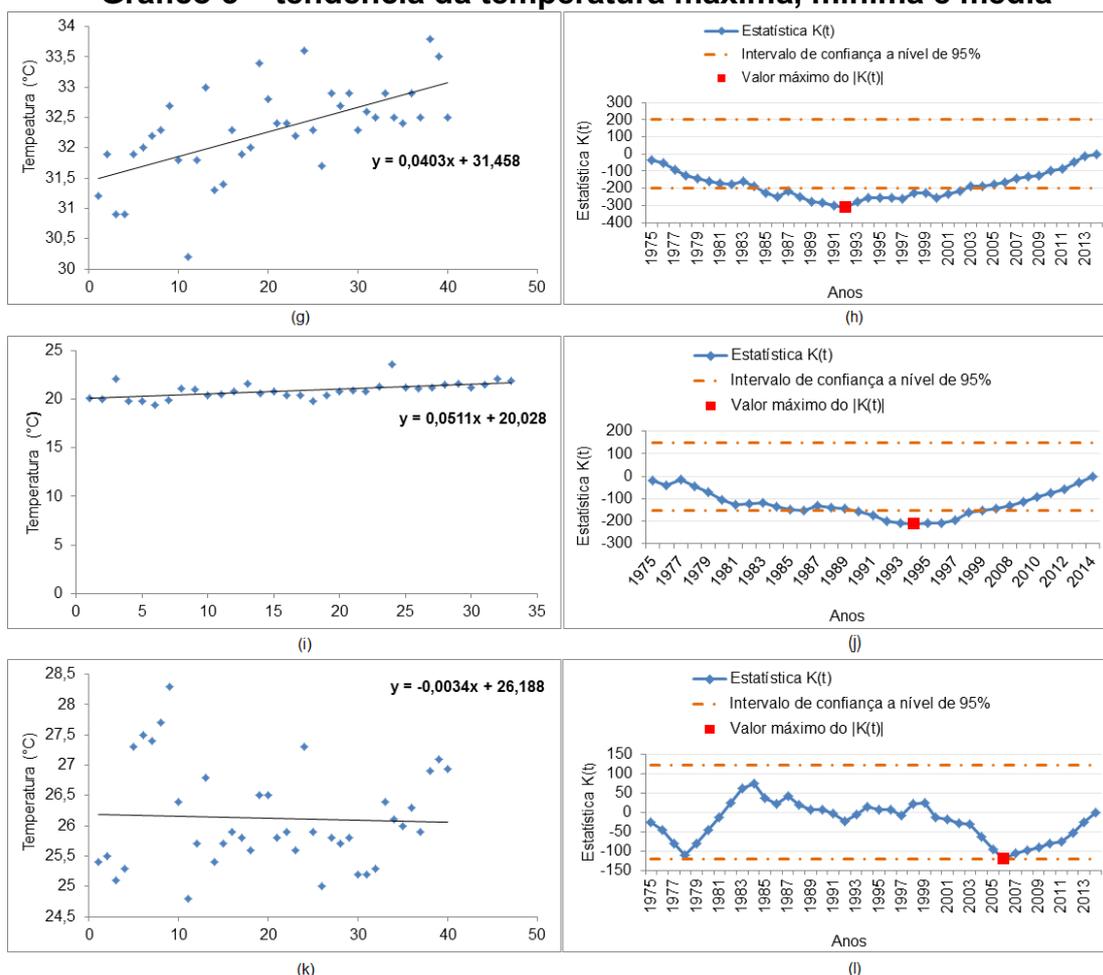
Fonte: Autoria Própria (2018)

## 4.2 Análises estatísticas das temperaturas

Para o teste de MK, no Gráfico 3g, ocorreu um aumento na temperatura máxima de 1,612°C em 40 anos e de 1,6863°C na temperatura mínima em 33 anos. No Gráfico 3k, a temperatura média diminuiu em 0,136° em 40 anos.

No teste de Pettitt, observa-se uma mudança brusca no ano de 1992, um aumento na temperatura máxima que ultrapassou os limites de confiança (Gráfico 3h). Também ocorreu um aumento brusco na temperatura mínima no ano de 1994 (Gráfico 3j). Esses aumentos na temperatura podem ser em decorrência das altas exportações agrícolas na década de 1990 e 2000. Na temperatura média também houve um aumento sem mudanças bruscas, o valor máximo de K(t) não ultrapassou o intervalo de confiança.

**Gráfico 3 – tendência da temperatura máxima, mínima e média**



Fonte: Autoria Própria (2018)

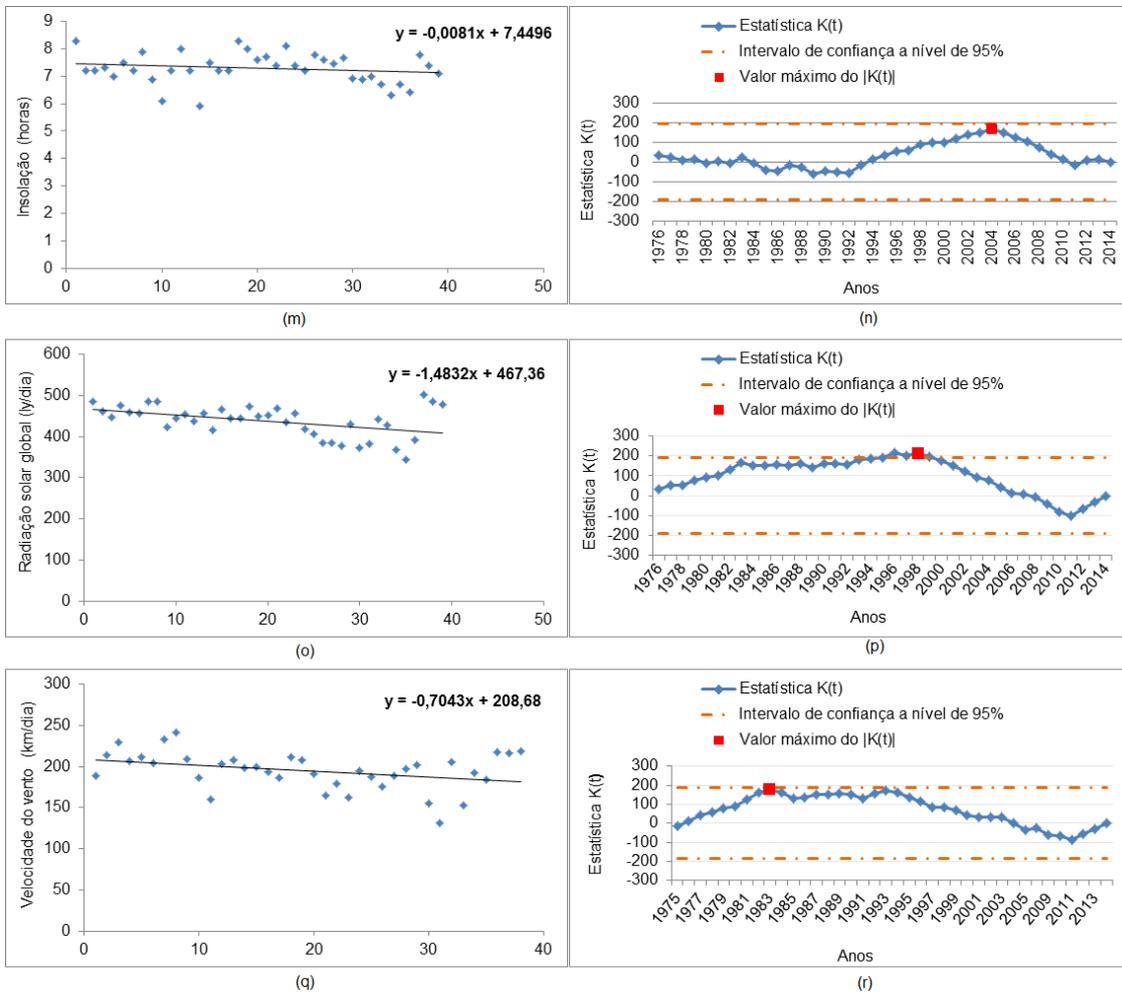
#### 4.5 Análises estatísticas da radiação solar, insolação e velocidade do vento

O teste de Mann-Kendall para insolação, radiação solar e velocidade do vento houve uma diminuição de 0,3159 h em 39 anos (Gráfico 4m), 57,8448 ly em 39 anos (Gráfico 4o) e 26,7634 km em 39 anos (Gráfico 4q), respectivamente.

No teste de Pettitt, analisou-se uma queda da insolação e velocidade do vento sem mudanças bruscas (Gráfico 4n e 4r). A radiação teve sua mudança brusca no ano de 1998, o valor máximo de  $|K(t)|$  foi maior que o limite crítico estabelecido, como mostra o Gráfico 4p. Em 1996 e 1997 houveram erupções vulcânicas, nas Filipinas em 96 e no Caribe em 97, estes eventos podem ter interferido na quantidade de radiação que entrou na atmosfera no ano de 1998, há pesquisas mostrando a relação entre a diminuição da radiação

registrada em superfície e a poluição de emissões vulcânicas (MINNIS et al, 1993; MOLION et al, 2002).

**Gráfico 4 – tendência da radiação, insolação e velocidade**



Fonte: Autoria Própria (2018)

## 5. CONCLUSÃO

Os testes não paramétricos de Pettitt e de Mann-kendall mostraram que a temperatura máxima e mínima apresentaram mudanças bruscas nos anos de 1992 e 1994, respectivamente, ocorrendo uma tendência de aumento na temperatura do microclima.

A radiação apresentou sua mudança brusca no ano de 1998, com uma tendência de diminuição, isso pode ser resultado de dois fatores: o principal, que é de escala global, foram os episódios das erupções vulcânicas; e o outro, que deveria ser investigado, possivelmente o albedo das culturas irrigadas serem diferentes da vegetação nativa, interferindo na radiação difusa e, portanto, na radiação global.

Os demais parâmetros não tiveram mudanças significativas.

Concluimos, com base nos testes estatísticos, que a irrigação no perímetro de Petrolina deve ter contribuído para a mudança nas temperaturas locais, devido à alteração no tipo de cobertura do solo e na quantidade de vapor d'água no ar. Os anos que apresentaram mudanças na média da série histórica ocorreram, justamente, no período de aumento nas exportações dos produtos irrigados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Hermes Alves de; SOUSA NETO, Gabriel Moisés de; SILVA, Lucas da. **Algumas características da precipitação na estação chuvosa do sertão da Paraíba**. 57ª Reunião Anual da SBPC. Fortaleza-CE: [s.n.], julho, 2005.

ANJOS, Igor Bruno Machado dos. et al. **Análise Temporal de precipitação no município de Serra Grande-PB**. II Conidis. Campina Grande-PB: Editora Realize, 2017.

ARAÚJO, G. J. F. de; SILVA, M. M. da. **Crescimento econômico no semiárido brasileiro: o caso do polo frutícola Petrolina/Juazeiro**. Caminhos da Geografia, Uberlândia, v. 14, n. 46, p. 246-264, jun. 2013.

BACK, Álvaro José. **Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas**. Pesq. Agropec. Bras. Brasília-DP: [s.n.], v.36, n.5, p. 717-726, maio 2001.

BLAIN, G. C.; MORAES, S. O. Caracterização estatística de oito séries de precipitação pluvial máxima diária da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.l.: s.n.], v.26, p.225-234, 2011.

CARVALHO, Otamar de. As secas e seus impactos. In: **CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS**. A questão da água no Nordeste. Brasília, DF: CGEE, 2012.

CHAVES, Ricardo. 25 mai. 2018. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/18656-no-vale-do-sao-francisco-censo-agro-colhe-dados-de-frutas-que-ganham-o-mundo>>. Acesso em 26 nov. de 2018.

CONFALONE, A.; DUJMOVICH, M. N. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 183-187, 1999.

CONSUL AGRÍCOLA, **Vale do São Francisco polo produtor de fruticultura**. Disponível em: <<http://consulagricola.com.br/vale-do-sao-francisco-polo-produtor-de-fruticultura/>> Reportagem: 05/04/18. Acesso em 24 nov. de 2018.

COSTA, Milla Nóbrega de Menezes; BECKER, Carmem Terezinha; BRITO, José Ivaldo Barbosa de. **Análise das séries temporais de precipitação do semiárido paraibano em um período de 100 anos – 1911 a 2010**. Revista Brasileira de Geografia Física. [S.l.: s.n.], v.06, n.04, p. 680-696, 2013.

DINHEIRO RURAL, **Região do Vale São Francisco se destaca como polo produtor de fruticultura**. Disponível em: <<https://www.dinheirorural.com.br/noticia/agronegocios/regiao-do-vale-sao-francisco-se-destaca-como-polo-produtor-de-fruticultura>> Reportagem: 27/05/14. Acesso em 24 nov. de 2018.

EMBRAPA. A região do vale do rio São Francisco. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod\\_int/regiaosf.html](http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/prod_int/regiaosf.html)>. Acesso em: 24 nov. 2018.

FACHINELLO, J. C. et al. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. 2012. Disponível em: <<http://www.frutvasf.univasf.edu.br/images/fruticulturafundamentosepraticas.pdf>>. Acesso em: nov. 2018

GOMES, Dayane. **No Vale do São Francisco, Censo Agro colhe dados de frutas que ganham o mundo**. 11 dez. 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/18656-no-vale-do-sao-francisco-censo-agro-colhe-dados-de-frutas-que-ganham-o-mundo>>. Acesso em: 26 nov. 2018

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysicae**, Berlin, v. 4, n. B4, p. 385-400, 1986.

IBGE. Banco de dados agregados. SIDRA. **Produção agrícola municipal**. [online]. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=1613>>. Acesso em: 10 set. 2018.

IBGE. **No Vale do São Francisco, Censo Agro colhe dados de frutas que ganham o mundo**. Agência IBGE Notícias. 11 dez. 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/18656-no-vale-do-sao-francisco-censo-agro-colhe-dados-de-frutas-que-ganham-o-mundo>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. 2017. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=22&i=P>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

IBGE/PAM. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro, v. 40, p.1-102, 2013.

LECOEUR, J. & SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Sci.**, v. 36, p. 331-335, 1996.

LIMA, J. P. R; MIRANDA, E. A. A. Fruticultura irrigada no Vale do São Francisco: Incorporação tecnológica, competitividade e sustentabilidade. **Revista Econômica do Nordeste**, Recife, v. 32, n. Especial, p. 611-632, 2000a.

LIMA, Kaique Muniz Alvares de; ROCHA, Layane Carmem Arruda de; ALENCAR, Maria Leide Silva de. **Classificação do índice de aridez do Cariri Ocidental-Pb**. III Workshop Internacional Sobre Água No Semiárido Brasileiro. Campina Grande-PB: Editora Realize, 2017.

MANN, H. B. Econometrica. **The econometric society**, v.13, n.3, p.245-259, 1945.

MARINOZZI, G.; CORREIA, R. C. Dinâmica da agricultura irrigada do Pólo Juazeiro-BA /Petrolina-PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 37., 1999, Foz do Iguaçu. **Anais...** Brasília: SOBER, 1999. 1 CD-ROM. Seção Artigos.

MATZENAUER, R., BERGAMASCHI, H., BERLATO, M.A. et al. Evapotranspiração da cultura do milho. I - Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 9-14, 1998.

McCREE, K.J. & FERNÁNDEZ, C.J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Sci.**, v. 29, p. 353-360, 1989.

MINNIS, P.; HARISON, E. F.; STOWE, L. L.; GIBSON, G. G.; DENN, F. M.; DOELLING, D. R.; SMITH JÚNIOR, W. L. Radiative climate forcing by Mount Pinatubo eruption. **Science**, v.259, p.1411-1415, 1993.

MOLION, L .C. B.; QUERINO, C. A. S.; MENEZES, D. C.; LIMA, E. A.; SILVA, H. O.; BORBA, J. C. C. Possíveis efeitos de aerossóis vulcânicos no balanço radiativo da reserva biológica nacional do Jarú na Amazônia. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 12, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBMET, 2002. CD-Rom

MUNDO HUSQVARNA, **Manga e uva dominam produção de frutas do Vale do São Francisco.** Disponível em: <<http://www.mundohusqvarna.com.br/assunto/manga-e-uva-dominam-producao-de-fruta/>> Reportagem: 08/11/15. Acesso em 24 nov. de 2018.

NASCIMENTO, J. S. **Competitividade das exportações brasileiras de frutas:** uma análise a partir dos obstáculos comerciais encontrados na União Européia. 2001. 92 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 2001.

NOGUEIRA, Virgínia de Fátima Bezerra. **Expansão da soja no cerrado maranhense: uma análise da influência antrópica no clima regional.** 2015. 165f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2015.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 3. ed., rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2008. 1-10;256-289p.

PENEREIRO, Júlio César; FERREIRA, Denise Helena Lombardo. **A modelagem matemática aplicada às questões ambientais: uma abordagem didática no estudo da precipitação pluviométrica e da vazão de rios.** [S.l.: s.n], p. 27-47, jan/jun, 2012.

PETTITT, A. N. **A non-parametric approach to the change-point problem.** Applied Statistics, London, v.28, n.2, p.126-135, 1979.

RIO DE JANEIRO. IBGE. **Monografias municipais : Nordeste.** 2017. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2980/momun\\_ne\\_pe\\_petrolina.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2980/momun_ne_pe_petrolina.pdf)>. Acesso em: 17 nov. 2018.

ROCHA, I. Sistemas locais de inovação no Nordeste: fruticultura tropical no nordeste. In: seminário do projeto globalização e inovação localizada: experiências de sistemas locais no âmbito do Mercosul e proposições de políticas de C&T, 2., 1998, Mangaratiba. **Anais...** Mangaratiba: UFRJ, 1998.

SANTOS, Eduardo H. M. dos; GRIEBELER, Nori P.; OLIVEIRA, Luiz F. C. de. **Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite – GO.** Eng. Agríc, Jaboticabal-SP: v.31, n.1, Jan./Feb, 2011.

SILVA, D. F.; ALCÂNTARA, C. R. Déficit Hídrico na Região Nordeste: Variabilidade Espaço-Temporal. **UNOPAR Cient. Exatas Tecnol.**, Londrina, v. 8, n. 1, p.45-51, Nov. 2009.

SILVA, J. M. A; REZENDE, A. M; SILVA, C. A. B. Condicionantes do desenvolvimento do pólo agroindustrial de Petrolina/Juazeiro. **Revista Econômica do Nordeste.** Fortaleza, v. 31, nº1, p. 48-64, jan. - mar. 2000.

SILVA, Pedro. CORREIA, Robert. **Cultivo da Mangueira.** 2004. Disponível em: <[http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spmanga/socioeconomia.htm](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmanga/socioeconomia.htm)>. Acesso em: 27 nov. 2018.

SILVA, R. A.; SILVA, V. P. R; CAVALCANTI, E. P.; SANTOS, D. N. Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n.5, p. 501-509,2010.<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000500007>

SILVA, T. S. S; et al. **Análise dos parâmetros físicos da superfície do solo em caatinga pernambucana.** III Workshop Internacional Sobre Água No Semiárido Brasileiro. Campina Grande-PB: Editora Realize, 2017.

SNEYERS, R. Sur l'analyse statistique des series d'observations. Genève: Organisation Météorologique Mondial, 192 pp, **OMM Note Technique**, 143,1975.

SOBEL, T. F.; ORTEGA, A. C.. Desenvolvimento territorial e perímetros irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos Perímetros Irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 35, p. 87-118, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Ethylene and abscisic acid. In: \_\_\_\_\_. **Plant physiology**: redwood city. Washington: Cummings, 1991. p. 482-487.

TEIXEIRA, Filho. **Clima.** 2004. Disponível em:  
<[http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spmanga/clima.htm](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmanga/clima.htm)>.  
Acesso em 27 nov. 2018.

WANDERLEY, Henderson S. et al. **Variabilidade da precipitação no sertão do São Francisco, estado de Alagoas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande-PB: [s.n], v.17, n.7, p.790-795, 2013.