



ISSN:1984-2295

# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## **Análise da influência climática sobre a produção agrícola no semiárido cearense**

Gabriel Silva. <sup>1</sup>Agrônomo – Universidade Federal do Cariri (UFCa) – Juazeiro do Norte – CE, Brasil.

Djane Fonseca Da Silva. <sup>2</sup>Professora Doutora do Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT) – Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Maceió – AL, Brasil, Autor correspondente E-mail: [djane.silva@icat.ufal.br](mailto:djane.silva@icat.ufal.br)

Artigo recebido em 21/02/2016 e aceito em 29/05/2016

### **RESUMO**

Em regiões semiáridas, como o município de Aiuaba-CE, a produtividade agrícola está mais susceptível a sofrer influências de fatores edafoclimáticos, que além da importância do nível tecnológico do produtor, também interferem diretamente na agricultura. Objetivou-se avaliar neste trabalho a influência da variabilidade climática sobre a pluviometria local e, conseqüentemente sobre a produção agrícola, sobretudo das culturas de milho, feijão e mandioca, responsáveis pelas maiores atuações na renda dos agricultores familiares de Aiuaba (CE). Para atingir tais objetivos foram utilizados métodos estatísticos como Correlação e Análises de Ondeletas. Os resultados das Análises de Ondeletas apontaram ciclos de 5-6 anos (ENOS) para ocorrência de anos chuvosos, consequência da associação de diferentes escalas temporais, enquanto que em anos secos foram observados ciclos entre 4 e 6 anos (ENOS), mostrando que a escala de ENOS influencia em toda série de precipitação. Na falta de associação com as demais escalas temporais ocorreram anos secos. Correlações entre precipitação e todas as variáveis de produção apresentaram-se altas e com significância estatística, manifestando menores correlações apenas entre precipitação e área planta e colhida para a cultura da mandioca, únicas variáveis sem significância estatística. O presente estudo mostrou que as informações geradas para o município são proveitosas para os diversos setores como agrícola e socioeconômico. Notou-se também que a variabilidade climática tem efeitos substanciais na produção da agricultura familiar local.

Palavras-chave: Variabilidade climática, Agricultura familiar, Correlação, Ondeletas, ENOS.

### **Analysis of climate influence on agricultural production in semiarid cearense**

### **ABSTRACT**

In semi-arid regions such as the county of Aiuaba (CE) the agricultural productivity is more likely to be influenced by edaphoclimatic factors, what beyond of the importance of the producer's technological level, also influence directly in agriculture. The objective this work was to evaluate the influence of climate variability on the local rainfall and consequently on agricultural production, especially of maize, beans and cassava, account for the greatest performances in the income of farmers of Aiuaba (CE). To reach these objectives were used statistical methods as Correlation and Analysis of Wavelet. The results of the Wavelet analysis pointed cycles of 5-6 years (ENSO) for the occurrence of rainy years, a consequence of several different temporal scales, while in dry years were observed cycles between 4 and 6 years (ENSO), showing that the ENSO scale influence on all series of rainfall. In the absence of association with other timescales occurred dry years. Correlations between rainfall and all production variables were high and with statistical significance, showing only small correlations between rainfall and plant and harvested area for cassava, only variables not statistically significant. This study showed that the information generated for the city are useful for various industries like agriculture and socioeconomic. It was also noted that climate variability has significant effects on the production of local family farmers.

Keywords: Climate variability, Family farming, Correlation, Wavelets, ENSO.

### **Introdução**

Em regiões semiáridas, como o município de Aiuaba (CE), a produtividade agrícola está mais susceptível a sofrer influências de fatores edafoclimáticos, que além da importância do nível

tecnológico do produtor, também interferem diretamente na agricultura.

O Nordeste brasileiro obteve até maio de 2012 uma produção de feijão 23% menor que a

estimada para o mês de abril. Esse fato é explicado pelo atraso e irregularidades da precipitação pluviométrica na região, que reduziu a área plantada em 21,3% devido à seca durante o período de plantio. A produção de milho nacional teve uma leve queda de 0,6% devido principalmente à redução da área dedicada à colheita, que reduziu 3,7%. O Ceará foi o 3º Estado com maior redução na produção de milho no mês de maio com 49,9% menor (IBGE, 2012).

Evidências apontam que os períodos de precipitações de determinadas regiões sofrem influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), interferindo conseqüentemente na produtividade das culturas ali estabelecidas (Ferreira e Mello, 2005).

Em sistemas de sequeiro as culturas têm sua produtividade altamente dependente de interações entre suas fases fenológicas e das variações interanuais do clima. Inevitavelmente nesse sistema toda cultura depende, da quantidade, da distribuição e da intensidade das chuvas.

Alves *et al.* (1998) detalharam que em anos de ocorrência de episódios El Niño tanto a produção como a produtividade de milho e feijão no Estado do Ceará são fortemente afetadas, em particular quando coincide com a de um Dipolo de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) positivo nas águas do Oceano Atlântico Tropical.

Conforme relataram Magalhães (1988) as perdas em cultivos de mandioca e milho registradas na Bahia preocupam, uma vez que são bastante produzidos por agricultores familiares. Os resultados ainda revelaram que essas perdas são potencializadas nos anos de ocorrência do El Niño, ou seja, anos que as secas são mais intensas. Resultados obtidos sugerem que perdas do Milho, próximas a 40% na Bahia, possam chegar a 60% em ocorrência de El Niño.

Pereira e Cuellar (2014) relataram que a variação climática tem efeitos diretos na agricultura de sequeiro e na agricultura irrigada do Ceará. No Perímetro Irrigado de Tabuleiro de Russas, no ano de 2014, houve a redução de 50%

da água para a lavoura de arroz e 8,5% para o cultivo de frutas decorrente da seca que persiste desde 2012 na região. A agricultura familiar baseada em lavouras temporárias como o milho, o feijão e a mandioca sofreu uma perda que varia de 60 a 80% da produção.

É substancial que sejam estudados os impactos e a variabilidade do clima em regiões socioeconomicamente importantes ou vulneráveis climato-socialmente. Através destes é possível identificar a problemática da região ao passo que se busca solucioná-la, possibilitando planejar intervenções necessárias em cada setor e proporcionando menores impactos negativos a população (Da Silva, 2009).

Dessa forma, o estudo do impacto das secas na produção agrícola também é necessário para delimitar quais variedades utilizar ou até mesmo que tipos de culturas se adaptam melhor aos períodos secos e quais as melhores técnicas a serem adotadas.

O município de Aiuaba, escolhido para este estudo, está situado na macrorregião do Sertão dos Inhamuns, no Oeste do Estado do Ceará, possui população de aproximadamente 16.203 habitantes, sendo 75,62% residentes da zona rural da cidade. Neste município, o presente estudo abordou uma importante análise sobre os impactos que o clima causa nas principais culturas responsáveis por grande parte da renda do homem do campo, as quais fornecem uma estabilidade nutricional e controlam o êxodo rural. O estudo também proporcionou uma previsão climática local e isso auxilia no planejamento das atividades agrícolas dos anos seguintes.

O objetivo principal deste estudo foi analisar a relação entre a seca de 2010-2012 e variáveis da produção das principais culturas agrícolas da cidade de Aiuaba, além de analisar a variabilidade pluviométrica do município, através de Análise de Ondetas (AO), na intenção de gerar previsão climática para precipitação futura, auxiliando a gestão agrícola antecipadamente.

## Material e métodos

### Área de estudo

A área de estudo é o Município de Aiuaba CE (Figura 1), situado na Macrorregião do Sertão dos Inhamuns, no Sudoeste do Estado do Ceará. Aiuaba tem como coordenadas Geográficas, latitude de 6° 34' 25" S e Longitude de 40° 07' 25" W (IPECE, 2012).

O município está à uma altitude de 466 (m), sua área é de 2.434 km<sup>2</sup>, Clima Semiárido, de acordo com Classificação de Köppen, com pluviosidade média de 562 (mm), período chuvoso de fevereiro a abril. Sua vegetação é a Caatinga. Os recursos hídricos vêm da Bacia hidrográfica do Alto Jaguaribe. Relevo de

depressão sertaneja e Planalto da Ibiapaba (IPECE, 2012).

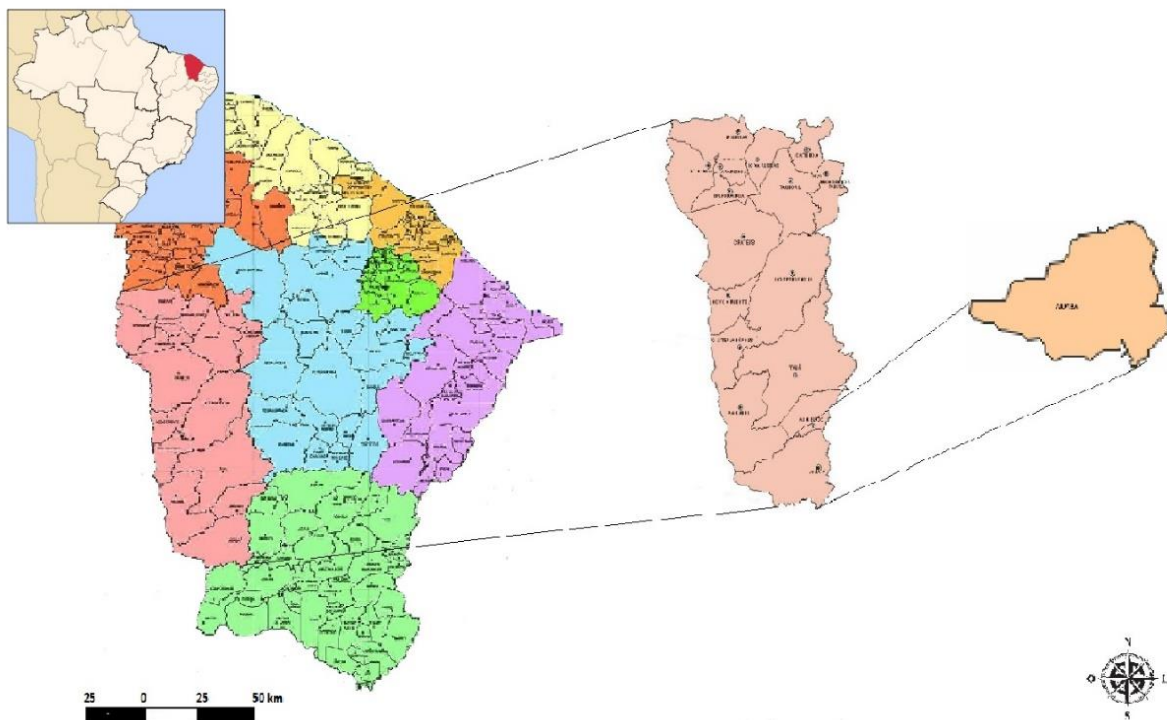


Figura 1. Município de Aiuaba em relação a Macrorregião dos Inhamuns, ao Estado do Ceará e ao Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores

#### Dados

Foram utilizados dados de precipitação diários, mensais e anuais para verificar as anomalias climáticas que possivelmente interferem na produção agrícola do município. Esses dados geraram as Análises de Ondeletas e, conseqüentemente, a previsão de secas e de anos anormalmente chuvosos para o município aiuabense.

Os dados de precipitação do posto pluviométrico de Aiuaba utilizados são provenientes da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) e corresponde ao período de 1978 a 2014 (FUNCEME, 2014). Os dados faltosos foram preenchidos pelo método das médias climatológicas, com metodologia muito utilizada por vários estudos ambientais, hidrológicos e meteorológicos (Fill, 1987; Da Silva, 2009; Streck *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2010; Da Silva, 2012).

Os dados de produtividade, área plantada, área colhida para as culturas do milho, feijão e mandioca foram provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para os anos de 2009 a 2013 (IBGE, 2015). Essas culturas foram escolhidas pelo fato de serem as mais importantes para a subsistência e economia

da agricultura familiar local e o período (2009 a 2013) foi escolhido para avaliar a seca de 2010-2012.

Utilizando esses dados do IBGE foram realizadas correlações entre variáveis de produção (quantidade de grãos, valor da produção, área plantada, área colhida e rendimento por hectare) e as precipitações anuais do município. Por intermédio do software Microsoft Excel, aplicou-se o método de correlação linear (Pearson, 1892) para obtenção do coeficiente de correlação ( $r$ ).

Essas correlações encontradas foram ainda submetidas ao teste de significância de T-Student para verificar se as mesmas têm, ou não, significância estatística.

#### Análise de Ondeletas

Os dados de precipitação observados foram analisados em busca de identificar possíveis tendências, variações sazonais e interanuais, períodos cíclicos e variações aleatórias, utilizando as AO. Para realizar a análise das ondeletas os dados foram sujeitos a um tratamento nos softwares Microsoft Excel e Matlab.

Foram submetidos à análise de ondeletas (AO) a série de precipitação do município, para o

período de 1978 a 2014. Estas análises preliminares de ondeletas podem prover uma designação mais clara de qual escala temporal domina os sistemas meteorológicos ao longo da série.

Os índices de precipitação que foram submetidos à análise de ondeleta, primeiramente são tratados, calculados a partir da climatologia mensal e normalizados pelos respectivos desvios padrão (Andreoli e Kayano, 2004; Da Silva, 2009):

$$AVar_{i,j} = (Var_{i,j} - \overline{Var}_i) / \sigma_i \quad (1)$$

Em que:  $AVar_{i,j}$  é a anomalia da variável, no ano  $j = 1, 2, 3, \dots, N$  e mês  $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ ;  $Var_{i,j}$  é a variável no ano  $j = 1, 2, 3, \dots, N$  e mês  $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ , o qual foi calculado sua anomalia;  $Var_i$  é a média climatológica do mês a ser calculado a anomalia e  $\sigma_i$  é o desvio padrão utilizado para cada mês  $i$  específico.

Foi utilizada a Ondeleta Morlet. A função de Morlet é dada pela seguinte expressão:

$$\psi(t) = e^{i\omega_0 t} e^{-t^2/2} \quad (2)$$

Em que:  $i$  = parâmetro de dilatação e compressão da onda;  $\omega_0$  = parâmetro de frequência e  $t$  = tempo.

#### Previsão de eventos

Foram utilizados dados de precipitação para realizar a AO, após tratamento dos dados. Através da AO foi possível identificar escalas temporais que influenciam no índice de precipitação do município. Também identificou-se escala dominante sobre a precipitação local e os ciclos de precipitação (início, duração e fim). Tudo isso descrito foi desenvolvido por programação no Software Matlab versão 2011.

O método consiste em encontrar anos que ocorreram associação de eventos com escalas temporais distintos e estas, somadas, ocasionam eventos de anos com chuva acima da média, e caso não haja a associação desses fenômenos climáticos, há ano de seca. Essa hipótese já foi bastante difundida na área climatológica e comprovada para várias partes do mundo por Hastenrath e Heller (1977), Hastenrath e Kaczmarczyk (1981), Gershunov e Barnett (1998), Easterling *et al.* (2000) e Da Silva (2009, 2010).

Além desses fatores associados, foi levado em consideração a literatura científica que associa

escalas temporais dominantes à ocorrência e influência de fenômenos climáticos:

- Escala temporal de 0,25 anos é a escala sazonal, relacionada à variação entre as estações do ano (Da Silva, 2009);

- Escala temporal entre 1 e 2 anos está ligada ao El Niño Oscilação Sula (ENOS) (Andreoli e Kayano, 2004; Da Silva, 2009, 2015);

- Escala temporal entre 5 e 7 anos está ainda relacionada ao ENOS de maior duração e também ao Dipolo do Atlântico (Clauzet e Wainer, 1999);

- Escala temporal de 11 anos se refere ao ciclo de Manchas solares (Kerr, 1996; Echer, 2003, Molion, 2005) e também ao Dipolo do Atlântico (Servain, 1991; Clauzet e Wainer, 1999);

- Escala temporal de 20,2 - 22 anos, associada à Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) (Mantua *et al.*, 1997).

Assim, a partir da informação e ocorrência dos ciclos climáticos, têm-se informações sobre as causas da variabilidade climática na série de precipitação da região estudada, ficando mais simples prever o comportamento futuro de tal variável.

#### Correlação e Teste de Significância

As correlações lineares entre dados de precipitação e dados de produção agrícola para as culturas do milho, feijão e mandioca de Aiuaba foram feitas através do Software Microsoft Excel, utilizando o método de regressão linear simples, encontrando o coeficiente de correlação de Pearson (1982). O objetivo dessa etapa é verificar se há relação comprovadamente atestada matematicamente, entre as variáveis de produção e precipitação local, comprovando ou não a influência da pluviometria na agricultura de Aiuaba.

Após encontrados os valores dos coeficientes de correlação ( $r$ ), os mesmos passaram pelo teste de significância de T-Student para considerar todas as correlações encontradas como significativas ou não.

Uma das mais utilizadas distribuições para pequenas amostras é a de "T-Student", a qual é bastante utilizado nos estudos de meteorologia (Kousky e Kayano, 1994; Kayano e Kousky, 1996; Figueroa, 1997; Castro, 2002; Da Silva, 2009), e pode ser calculado da seguinte forma:

$$tc = t / \sqrt{(n-2) + t^2} \quad (3)$$

Em que:  $t_c$  = valor do percentil e  $c$  é o grau de liberdade. Foi usado  $c = 0,95$  ou 95%;  $t$  = valor do percentil tabelado de acordo com  $v = (n-1)$ ;  $n$  é o número de dados.

## Resultados e discussão

### Pluviometria e Análises de Ondeletas

A Figura 2 mostra a climatologia da precipitação para o município de Aiuaba no período de 1978 a 2014. A quadra chuvosa para o município se estende de janeiro a abril e os meses com menor média de precipitação ocorrem de julho a outubro, configurando o período mais seco do ano.

A estação chuvosa explica-se pela presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT),

que para Ferreira e Mello (2005), é o elemento mais importante na determinação de quão abundante ou escasso serão as chuvas na área Norte do Nordeste do Brasil. Habitualmente ela migra sazonalmente de sua posição situada mais ao norte, no período de agosto a outubro para posições mais ao sul durante os meses de fevereiro a abril interferindo diretamente na temporada chuvosa de parte do NEB.

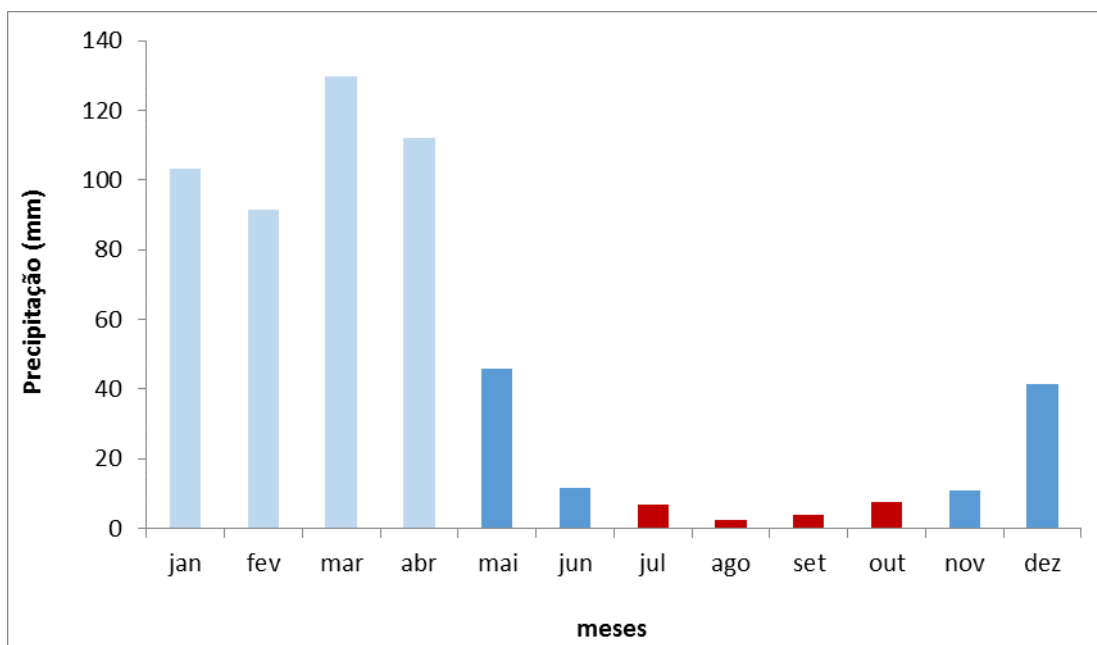


Figura 2. Média climatológica da precipitação no município de Aiuaba (CE) no período de 1978 a 2014.

A Figura 3 mostra os resultados encontrados pelas Análises de ondeletas. A escala sazonal foi a única que apresentou significância estatística (Figura 3c). Foi encontrada a escala temporal de 5 a 6 anos, ligada ao ENOS e ao Dipólo do Atlântico (Clauzet e Wainer, 1999), que se pronunciou por quase todo o período, entre os anos de 1980 a 2011 (Figura 3b), mostrando-se persistente, porém sem significância estatística. Isto significa que variações climáticas com esse período de duração influenciam a precipitação ao longo da série.

Nos anos de 1980, 1985, 1990, 2000 e 2011 observaram-se altos índices de precipitação (Figura 3a), caracterizado pela associação da escala sazonal de 0,25-0,5 anos (Da Silva, 2009); escala de 1-2 anos ligada ao ENOS (Da Silva, 2009; Da Silva, 2010); escala de 7 anos ligada ao ENOS e ao Dipólo do Atlântico (Clauzet e Wainer, 1999); escala de 11 anos ligada ao ciclo das manchas solares (Kerr, 1996; Echer, 2003; Molion, 2005) e ao Dipolo do Atlântico (Servain, 1991; Clauzet e Wainer, 1999); e escala de 22



anos ligada à ODP (Mantua *et al.*, 1997) (Figura 3b).

No ano de 1995 também observou-se a presença de todas as escalas, exceto a de 1-2 anos ligada ao ENOS. Já no ano de 2005 também ocorreu a presença de todas as escalas, com exceção da escala de 11 anos, que é ligada ao ciclo de manchas solares, e que por esse motivo pode não ter apresentado um índice de precipitação tão elevado se comparado aos demais anos citados. A associação das diferentes escalas influenciaram para a ocorrência do aumento do índice Prp; resultados semelhantes foram encontrados por Hastenrath e Heller (1977), Rockwood e Maddox (1988) e Da Silva (2009).

Desta forma, agora se conhece a causa climática de anos anormalmente chuvosos em Aiuaba.

Os próximos anos chuvosos podem acontecer em consequência da associação das diferentes escalas temporais como citado anteriormente, ou a partir do comportamento dos fenômenos ENOS e Escala sazonal, principais escalas responsáveis pela ocorrência de índices Prp elevados como foi encontrado ciclo de anos chuvosos de 5 anos, desta forma, após o ano de 2011, último ano considerado chuvoso, estima-se que nos anos de 2016 e 2021 aconteçam os próximos casos de elevada precipitação e índice Prp.

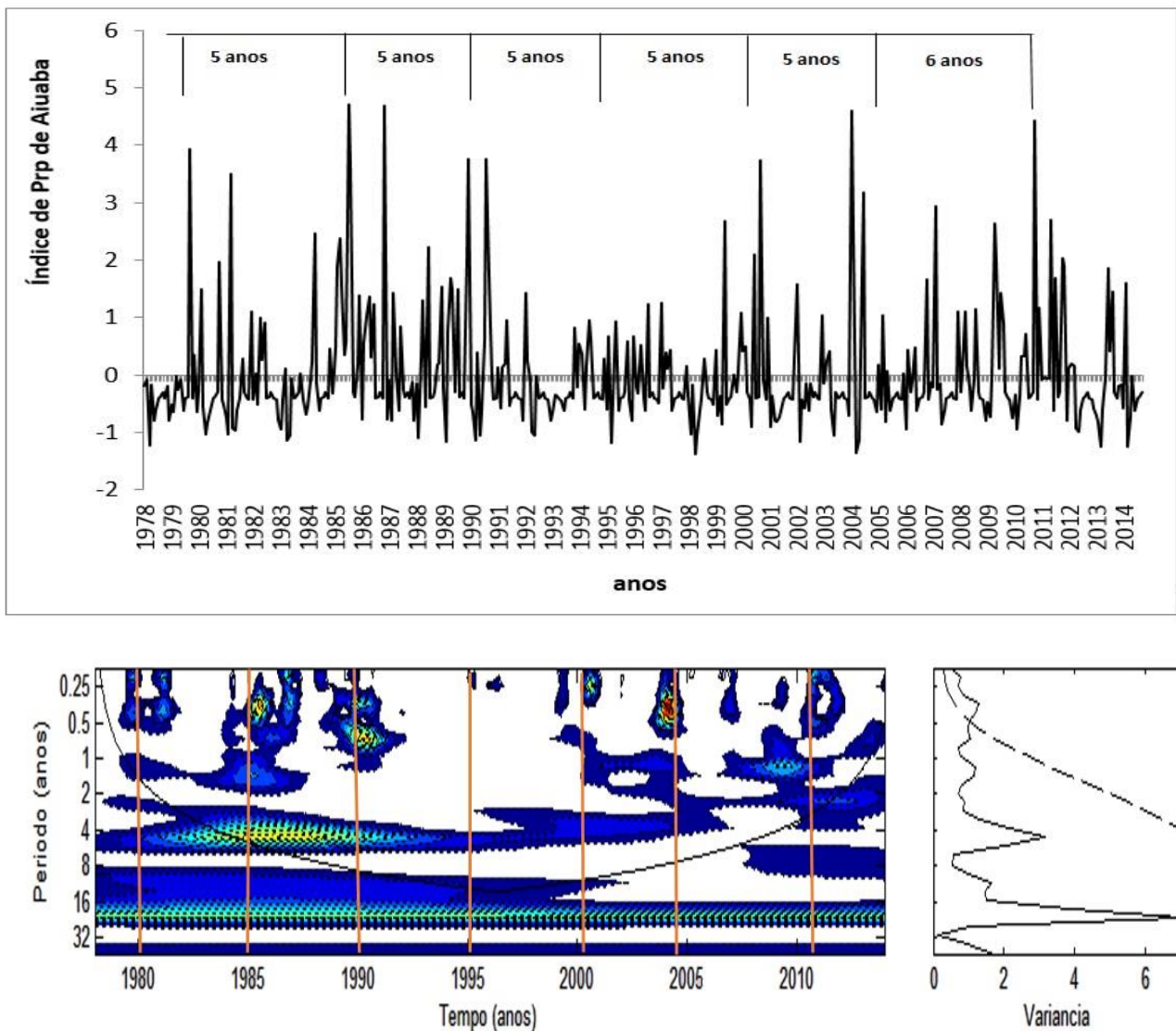


Figura 3. a) Índice de Prp para o município de Aiuaba com ênfase para períodos chuvosos; b) Espectro de potência de ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é

significativo ao nível de confiança de 95% de probabilidade.

Os anos 1978, 1983, 1988, 1992, 1998, 2004, 2010 e 2014 foram identificados como anos secos no período estudado (Figura 4a), quando não houve a união de fenômenos com escalas temporais distintas. A falta de associação das diferentes escalas temporais pode favorecer a ocorrência de secas nos próximos anos, bem como o comportamento do fenômeno ENOS, o qual é responsável pela escala temporal dominante e exerce forte influência sobre a precipitação local. Então, desta maneira com o acompanhamento climático desses fenômenos, sempre que for notada a ausência de associação entre as essas escalas, prevê-se que o ano será seco.

Notou-se que entre os anos identificados como mais secos apenas o ano de 1988 apresentou a ocorrência da escala sazonal de 0,25 anos, enquanto que todos os demais anos indicaram a influência da escala de 4 a 6 anos de ENOS, porém em nenhum destes ocorreu a associação com a escala de 0,25 anos (Figura 4b). Desta forma, a falta de associação entre a escala dominante de 4 a 6 com a escala Sazonal de 0,25 anos, pode ser o principal fator causador de secas locais.

Esses resultados têm respaldo nos estudos de Rockwood e Maddox (1988), Hastenrath e Heller (1977), Hastenrath e Kaczmarczyk (1981), Gershunov e Barnett (1998), Easterling *et al.* (2000) e Da Silva (2009, 2010).

Os próximos anos secos podem acontecer em decorrência da falta de associação entre as

diferentes escalas temporais como mencionado anteriormente, ou simplesmente através do comportamento do fenômeno ENOS que é a escala temporal dominante, com ciclo entre 4 e 6 anos. Desta maneira, a partir do ano seco de 2014, estima-se que entre os anos de 2018 e 2020 essa mesma causa climática ocasionará seca na área de estudo.

Os anos secos podem afetar a produção agrícola de forma muito intensa no município devido o modelo de produção adotado pela região, uma agricultura de sequeiro com atividades concentradas em apenas um período do ano, elevando o risco de perdas por estiagem, apresentando riscos à segurança alimentar e a economia local (Xavier, 2003).

Conforme Magalhães (1988) nas culturas de mandioca e milho quando ocorre aumento na precipitação no período de verão resulta em acréscimo nos níveis de produtividade. Em anos que houveram registros de secas toda a agricultura na região nordeste é bastante afetada, mesmo a cultura da mandioca sendo tolerante a períodos secos houve perdas na produtividade.

A produção agrícola tende a elevar em anos mais chuvosos, porém se as precipitações não estiverem bem distribuídas nos meses, a produção pode ser afetada negativamente, causando prejuízos devido excesso de umidade que interfere no desenvolvimento da planta.

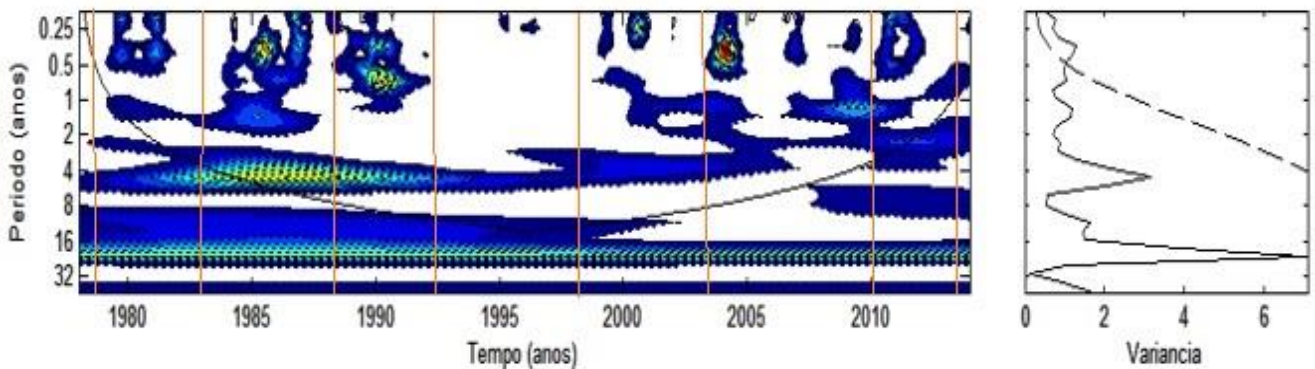
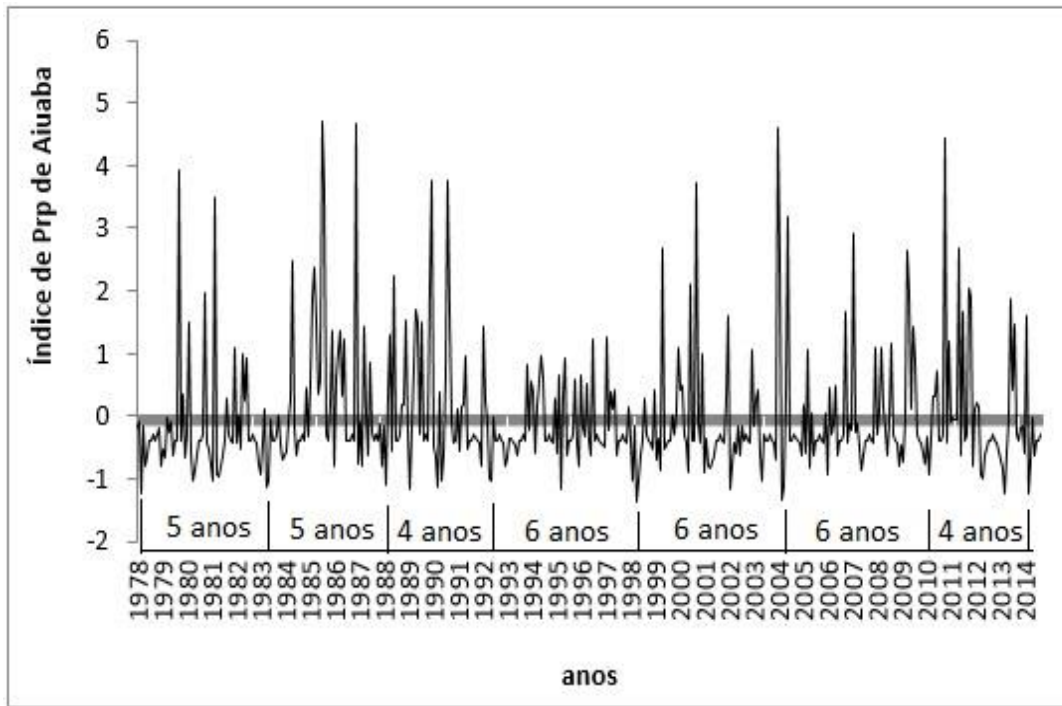


Figura 4. a) Índice de Prp para o município de Aiuaba com ênfase para períodos de secas; b) Espectro de potência de ondeleta (EPO). Contornos sombreados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante; c) Espectro de potência global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95% de probabilidade.

#### Correlação entre precipitação e variáveis de produção

Na Tabela 1 são apresentados os coeficientes de correlação ( $r$ ) e o resultado do teste de significância de T-Student o qual analisou se os resultados obtidos possuem significância estatística. Todas as variáveis de produção do milho estudadas apresentaram correlações positivas (direta) com a precipitação e significância estatística segundo teste T-Student, ou seja, sempre que a precipitação aumenta todas as demais variáveis também aumentam. Desta forma, demonstra-se que a variabilidade da precipitação afeta a produção e a situação socioeconômica da população do município. Desse modo, pode-se otimizar os lucros, uso das

terras agricultáveis, reduzir perdas na agricultura e criar planos estratégicos para os agricultores se prepararem em anos de eventos climáticos extremos.

A correlação entre precipitação e as variáveis da produção foram em torno de 0,75; ou seja, a precipitação explica aproximadamente 75% das variáveis de produção, e o valor restante para o total de 100% pode ser explicada em parâmetros como tecnologia, maquinário, solo, sementes, investimentos etc.

A correlação positiva de 0,769 entre precipitação e a quantidade de milho produzida no município de Aiuaba deve-se à grande



importância da chuva na produção de grãos no sistema de sequeiro, na qual a quantidade de chuva tem relação direta com a produção do milho. Esses resultados estão de acordo com Menezes *et al.* (2010) em que os coeficientes de correlação indicam uma elevada associação negativa entre produção de milho e duração dos veranicos, desta maneira, períodos longos de estiagem determinam redução na produção de milho na mesorregião 2 (Central) do Estado da Paraíba.

Esse fato já era esperado nas condições semiáridas; assim, em anos chuvosos a produção tende a aumentar. Concordando com Dias Silva e Da Silva (2015) que analisando correlações entre precipitação e produtividade do milho na Macrorregião Cariri/ Centro Sul, concluiu que a precipitação tem correlação positiva com a produtividade do milho, ou seja, sempre que a precipitação aumenta, a produção também aumenta.

Já a correlação positiva entre a precipitação e o valor da produção mostra que a variável de precipitação tem efeito direto na renda do

agricultor, assim quando o ano é de seca, o agricultor tende a arrecadar menos na produção de milho na cidade. Uma vez que no ano chuvoso a produção tende a ser maior e a renda obtida através da venda desta produção consequentemente aumentará. Para Dias Silva e Da Silva (2015) a precipitação possui correlação positiva com o Produto Interno Bruto (PIB) da Macrorregião Cariri/ Centro Sul, mostrando que quando o ano é chuvoso tem uma tendência de aumento na renda local.

De acordo com a correlação entre precipitação e rendimento médio da produção de milho, que foi positiva e significativa ao teste de T-Student, essa informação pode auxiliar no planejamento de ações que visam minimizar os efeitos da variabilidade climática na produção de milho do município, pois mostra que a precipitação tem relação de 75,9% com a produção local. Desta forma, confirmam-se os resultados de Silva *et al.* (2008), em que nos anos de 1984 e 1985 na cidade de Santa Cruz do Rio Pardo – SP, foi registrado queda na produtividade do milho associado a períodos secos.

Tabela 1. Coeficiente de correlação linear entre variáveis de produção do Milho e precipitação do município de Aiuaba. O teste de T-Student mostra as correlações que apresentaram significância estatística.

Variável da produção	Cultura	Coeficiente de correlação (r)	Resultado do Teste de T- Student
Quantidade de Grãos		0,76	Com Significância
Valor da produção		0,69	Com Significância
Área plantada	Milho	0,75	Com Significância
Área colhida		0,75	Com Significância
Rendimento (Kg por hectare)		0,75	Com Significância

A Figura 5 mostra a correlação positiva 0,769 entre precipitação e a quantidade de milho produzida no município de Aiuaba. Essa característica deve-se à grande importância da chuva na produção de grãos no sistema de sequeiro, na qual a quantidade de chuva tem relação direta com a produção do milho, o que já era esperado nas condições semi áridas que se encontra a cidade, ou seja em anos chuvosos a

produção tende a aumentar. Concordando com Silva Dias (2013) que analisando correlações entre precipitação e produtividade do milho na Macrorregião Cariri/ Centro Sul, concluiu que a precipitação tem correlação positiva com a produtividade do milho, ou seja, sempre que a precipitação aumenta, a produção também aumenta.

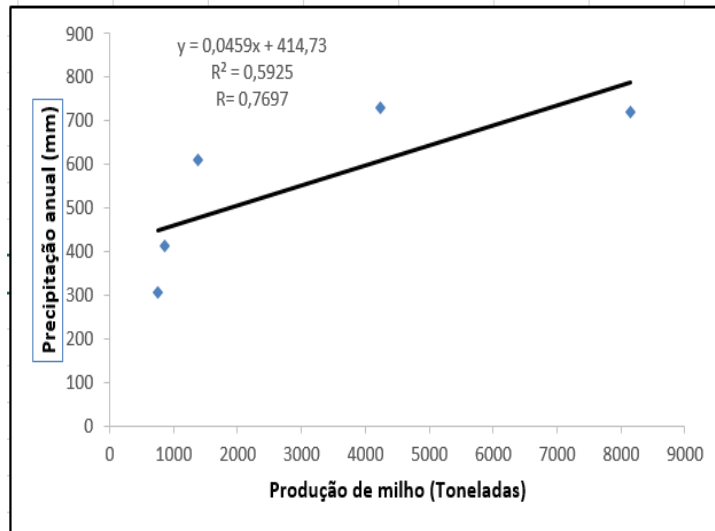


Figura 5: Correlação entre precipitação e quantidade de produção do milho para o período de 2009 a 2013

Todas as variáveis de produção avaliadas e expostas na Tabela 2 para a cultura do feijão em Aiuaba apresentaram correlações positivas com a precipitação e com significância estatística segundo o teste de T-Student, isto é, todas as variáveis tendem a crescer em anos considerados chuvosos.

Deste modo é evidente o efeito que a precipitação tem na produção de feijão em regiões semiáridas, causando impactos econômicos e na nutrição alimentar da população.

Nesse caso, verificou-se também que a precipitação apresentou maiores correlações com as variáveis de produção de feijão do que as encontradas para o milho (Tabela 1), o que faz com que o feijão seja mais dependente da chuva, em torno de 84% (Tabela 2). Conforme Menezes *et al.* (2010) a produção de feijão nas Mesorregiões 2 e 3 do Estado da Paraíba, relacionada com as maiores secas, apresentou comportamentos contrários, isto é, quanto maior o veranico, menor era a produção de feijão, à semelhança do que acontece também para o milho na região supracitada.

A correlação positiva entre a precipitação e a produção de feijão expressa o grande efeito que a quantidade de chuva tem sobre a produção de feijão em Aiuaba com influência de 80%. Esse resultado está de acordo com Oliveira *et al.*

(2005) quando relacionam os baixos índices de produção do feijão às condições adversas do meio ambiente, dentre elas a baixa precipitação na região do plantio, importante para a semeadura do feijão, que é altamente dependente da chuva, quando irregulares, acarreta decréscimo significativo na produção.

Esses valores já eram esperados devido às características do clima local e da dependência dos fatores climáticos no sistema de produção. Esses dados estão de acordo com Menezes *et al.* (2010) que afirmaram que a estiagem está relacionada com a queda de produção do feijão no Estado da Paraíba, atribuindo o aumento ou redução da produção ao clima local.

A correlação positiva de 0,76 entre precipitação e valor da produção obtida, com significância estatística pelo teste de T-Student, mostra a relevância das precipitações para a receita a ser obtida pelo agricultor com a venda de sua produção. Assim, sempre que a quantidade de chuva for alta, a renda do produtor tende a aumentar também. Concordando com resultados de Teracine (1999) que diz que a Região Nordeste apresenta grandes decréscimos na produção e no lucro obtido pelo agricultor devido à ocorrência do El Niño no ano de 1998, sinalizando que o fenômeno castigou o Nordeste e a região apresentou uma queda na produção de

aproximadamente 23% e perda de R\$ 1,8 bilhão em relação ao ano anterior.

Tabela 2. Coeficiente de correlação linear entre variáveis de produção do Feijão e precipitação do município de Aiuaba. O teste de T-Student mostra as correlações que apresentaram significância estatística.

Variável da produção	Cultura	Coeficiente de correlação (r)	Resultado do Teste de T- Student
Quantidade de Grãos		0,80	Com Significância
Valor da produção		0,76	Com Significância
Área plantada	Feijão	0,84	Com Significância
Área colhida		0,84	Com Significância
Rendimento (Kg por hectare)		0,78	Com Significância

A Figura 6 mostra a correlação positiva entre a precipitação e a produção de feijão, expressando o grande efeito que a quantidade de chuva tem sobre a produção de feijão em Aiuaba influência de 80,15%. Esses resultado já esperado devido as características do clima da cidade e dependência dos fatores climaticos no sistema de

produção. Esses dados estão de acordo com Menezes *et al.* (2010) que afirmaram que a estiagem está relacionada com a queda de produção do feijão no Estado da Paraíba, atribuindo o aumento ou redução da produção ao clima local.

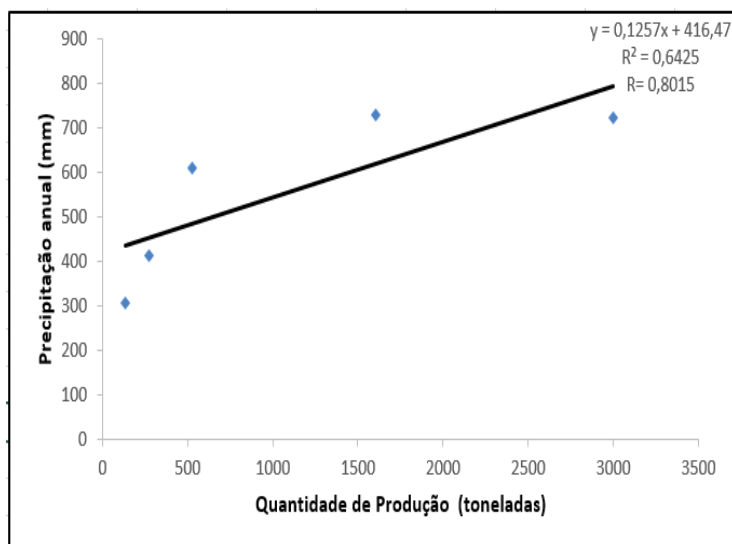


Figura 6: Correlação entre precipitação e a quantidade produção do feijão para o período de 2009 a 2013.

A Tabela 3 mostra altas correlações entre precipitação e as variáveis de quantidade de produção, valor e rendimento médio, as quais apresentaram significância estatística com teste de T-Student. As consequências das variações climáticas diante da produção de mandioca

também são mostradas em Silva Dias e Da Silva (2015), revelando a grande influência dos totais pluviométricos para a produção da cultura.

As variáveis de área plantada e área colhida (Tabela 3) apresentaram correlações baixas (r = 0,40) ligadas à precipitação; as únicas sem

significância estatística, expressando que a variabilidade climática não foi o principal fator na hora de decidir a quantidade de área a ser cultivada, intervindo apenas em 40% nessa decisão. Outros fatores podem agir de forma mais acentuada sobre as variáveis de área plantada e colhida, como investimento, nível tecnológico, tipo de solo e o mercado local.

Conforme as correlações apresentadas, a precipitação tem alta influência sobre a produção de mandioca do município, sendo responsável por uma relação de 92% com a variação da produção desta cultura. Em conformidade com Magalhães (1988) e Silva Dias e Da Silva (2015) que constatou que na cultura da mandioca, nos períodos que houveram elevação nos índices de precipitação, acarretaram em aumentos nos níveis de produtividade.

O valor da produção sofre considerável influência da quantidade de chuva (71%), que evidencia a elevada correlação entre a

precipitação e o valor da produção de mandioca. A explicação para tal evento pode ser dada pelo aumento ou queda na produção que conseqüentemente vai levar o mercado a diferentes condições, no caso de alta produção o valor total inclina-se a um aumento.

As únicas correlações encontradas sem significância estatística pelo teste de T-Student foram entre Precipitação e as variáveis de área plantada e área colhida, expondo que a quantidade de chuva não é o principal fator causador das variações de território cultivado na produção de mandioca em Aiuaba. Outros possíveis fatores responsáveis pela variação de área plantada seriam demanda de mercado, preço do produto e capital a ser investido. Já os possíveis elementos que atuam nas variações de extensão da área colhida podem ser o nível tecnológico do produtor, mão de obra ou efeitos bióticos como ataque de pragas.

Tabela 3. Coeficiente de correlação linear entre variáveis de produção do Mandioca e precipitação do município de Aiuaba. O teste de T-Student mostra as correlações que apresentaram significância estatística

Variável da produção	Cultura	Coeficiente de correlação (r)	Resultado do Teste de T- Student
Quantidade de produção		0,92	Com significância
Valor da produção		0,71	Com significância
Área plantada	Mandioca	0,40	<i>Sem significância</i>
Área colhida		0,40	<i>Sem significância</i>
Rendimento (Kg por hectare)		0,76	Com significância

Conforme as correlações apresentadas pela Figura 7, a chuva tem alta influência sobre a produção de mandioca do município, sendo responsável por uma relação de 92% com a variação da produção desta cultura. Em conformidade com Araújo *et al.* (2013) que

constatou que na cultura da mandioca, nos períodos que houveram elevação nos índices de precipitação, acarretaram em aumentos nos níveis de produtividade.

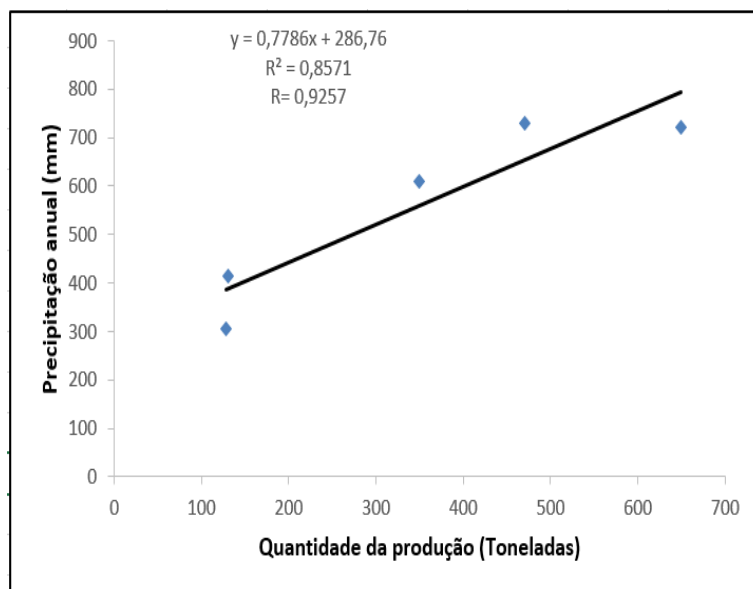


Figura 7: Correlação entre precipitação e quantidade de produção de mandioca para o período de 2009 a 2013.

### Conclusões

O município de Aiuaba caracterizado pelo clima semiárido e agricultura familiar, apresentou alta dependência da quantidade de chuva na produção de milho, feijão e mandioca.

A AO mostrou que a escala sazonal foi a única que apresentou significância estatística e a escala de 5 a 6 anos mostrou-se persistente. Os anos com precipitação elevada são caracterizados pela associação de diferentes escalas temporais. De maneira oposta, ocorre a relação entre as escalas temporais e os anos secos, em que a falta de associação entre as diferentes escalas ocasiona a falta de chuva. Os anos chuvosos ocorreram em intervalos de 5 ou 6 anos, próximo a esse resultado os anos secos aconteceram em ciclos de 4 a 6 anos o que indica que a escala temporal de 4 a 6 anos (ENOS) é a escala dominante e a ocorrência de anos chuvosos ou secos depende de sua ocorrência e fase, além da associação com as demais escalas. As correlações mostraram que caso a precipitação diminua, as produções das três culturas decrescem também, e conseqüentemente, os aspectos agrícolas e socioeconômicos do município também sofrem devido influência climática.

O monitoramento dos eventos climáticos é extremamente importante para o planejamento das atividades da produção, sobretudo para determinar quantidades de área, investimento e mão de obra necessária. Deste modo, deve-se aprimorar o sistema agrícola, especialmente a estocagem de água, o que garantirá uma melhor condição para agricultura e famílias locais.

### Referências

- Andreoli, R.V.; Kayano, M.T. 2004. Multi-scale variability of the sea surface temperature in the Tropical Atlantic, *Journal of Geophysical Research*, 109, C05009.
- Alves, J. M. B., Campos, J. N. B., Souza, E. B. 1998. Produção Agrícola de Subsistência no Estado do Ceará com Ênfase aos Anos de Ocorrência de El Niño e La Niña. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 6, 249-56.
- Araújo, P. H. C.; Cunha, D. A.; De Lima, J. E.; Féres, J. G. 2013. Efeitos da Seca sobre a Produtividade Agrícola dos Municípios da Região Nordeste. *Economia Baiana*, p. 151-167.
- Castro, C. A. C. 2002. Interações Trópicos-Extratropicais na escala de tempo intra-sazonal durante o verão austral e seus efeitos na América do Sul. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Clauzet, G.; Wainer, I. 1999. Identificação da variabilidade de baixa frequência em algumas regiões da costa sudeste-nordeste do Brasil. *Revista Brasileira Oceanografia*. 47, p. 69-78.
- Da Silva, D. F. 2009. Análise de aspectos climatológicos, agrônômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do Rio Mundaú (AL e PE). Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande.



- Da Silva, D. F.; Sousa, F. A. S.; Kayano, M. T. 2010. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica na Bacia hidrográfica do rio Mundaú, *Revista Brasileira de Meteorologia* 25, 324-332.
- Da Silva, D. F. 2012. O uso de Estatística em Climatologia. In: Josiclêda domiciano galvêncio. (Org.). O uso de estatística em climatologia. 1ed.recife: editora universitária UFPE, 1, 263-314.
- Easterling, D. R., Evans, J. L., Groisman, P. Y., Karl, T. R., Kunkel, K. E., Ambenje, P. 2000. Observed variability and trends in extreme climate events. *Bulletin of American Meteorological Society* 81, 417-425.
- Echer, E.; Rigozo, N. R.; Nordemann, D. J. R.; Vieira, L. E. A.; Prestes, A.; Faria, H. H. 2003. O número de manchas solares, índice da atividade do sol. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 25, 2.
- Ferreira, A. G.; Mello, N. G. S. 2005. Principais Sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacíficos e Atlântico no Clima da Região. *Revista brasileira de Climatologia* 1, 15-28.
- Figueroa, S. N. 1997. Estudo dos sistemas de circulação de verão sobre a América do Sul e suas simulações com modelos numéricos. Tese (Doutorado). São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-7121-TDI/672).
- Fill, H. D. 1987. Informações hidrológicas. In: Barth, F. T.; Pompeu, C. T. ; Tucci, C. E. M.; Kelman, J.; Braga Júnior, B. P. F. Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo; Nobel – ABRH, p. 95-202.
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2014. Disponível: [www.funceme.gov.br](http://www.funceme.gov.br). Acesso:20-05-2015.
- Gershunov, A; Barnett, T. P. 1998. Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. *Bulletin American Meteorological Society* 79, 2715–2725.
- Hastenrath, S.; Heller, L. 1977. Dynamics of Climatic hazards in Northeast Brazil. *Quarterly, Journal of the Royal Meteorological Society* 435, 77-92.
- Hastenrath, S.; Kaczmarczyk, E. B. 1981. On spectra and coherence of tropical climate anomalies. *Tellus* 33, 453-462.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2012. Disponível em: < [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2012/lspa\\_201202.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2012/lspa_201202.pdf) >. Acesso em: 10 maio 2015.
- IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica . Perfil básico municipal, 2012. Disponível em: < [http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm-2012/Aiuaba.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2012/Aiuaba.pdf) >. Acesso em: 13 maio 2015.
- Kayano, M. T.; Kousky, V. E. 1996. Tropical circulation variability with emphasis on interannual and intraseasonal time scales. *Revista Brasileira de Meteorologia* 11, 06 -17.
- Kerr, R. A. 1996. A now dawn for sun-climate links? *Science* 271, 1360-1361.
- Kousky, V. E.; Kayano, M.T. 1994. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mbcirculation for the South American sector. *Journal of Climate* 7, 1131-1143.
- Mantua, N. J.; Hare, S. R.; Zhang, Y.; Wallace, J. M.; Francis, R. C. A. 1997. Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production, *Bulletin American Meteorological Society* 78, 1069-1079.
- Magalhães, A. 1988. The effects of climate variations on agriculture in Northeast Brazil. In: PARRY, M.; CARTER, T.; KONIJN, N. (Ed.). The impact of climate variations on agriculture: assessments in semi-arid regions. [S.l.]: Kluwer Academic Publishers 2, 277-304.
- Menezes, H. E. A.; Brito, J. I. B.; Lima, R. A. F. 2010. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14, 181-186.
- Molion, L. C. B. 2005. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. *Revista Climanalise, Cachoeira Paulista* 3, 1-5.
- Oliveira, A. D.; Fernandes, E. J.; Rodrigues, T. J. D. 2005. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. *Revista Engenharia Agrícola* 25, 86-95.
- Oliveira, L. F. C.; Fioreza, A. P.; Medeiros, A. M. M.; Silva, M. A. S. 2010. Comparação de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. *Revista brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental* 14, 1186-1192.
- Pearson, K. 1892. The grammar of science. London, J. M. Dent and Company.
- Pereira, G. R.; Cuellar, M. D. Z. 2014. Impactos ambientais e socioeconômicos da seca de 2012/2014 no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará, Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 8 p. Disponível em:

- <<http://www.geopro.crn2.inpe.br/img/trabalho2.pdf>>. Acesso em 11 de Janeiro de 2015.
- Rockwood, A. A.; Maddox, R. A. 1988. Mesoscale and synoptic scale interactions leading to intense convection: The case of 7 June 1982. *Weather and Forecasting* 3, 51-68.
- Servain, J. 1991. Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications, *Journal of Geophysical Research* 96, 15137-15146.
- Silva, D. F.; Praela-Pantano, A.; Neto, J. L. S. 2008. Variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do médio Paranapanema, SP. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 3. [CrossRef](#)
- Silva Dias, R. ; Da Silva, D. F. 2015. Relationship between rainfall variability, social economic index and agricultural production in Cariri / South Central Ceará. *Ambiência (UNICENTRO)* 11, 345-358.
- Streck, N. A.; Buriol, G. A.; Heldwein, A. B.; Gabriel, L. F.; Paula, G. M. de. 2009. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a oscilação decadal do Pacífico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44, 1553-1561.
- Teracine, E. B. 1999. Impactos Sócio - Econômicos do Fenômeno El Niño de 1997/1998 - INPE - Perdas e Danos Causados pelo El Niño / Região Nordeste - Relatório Mensal nº 7.
- Xavier, T. M. B. S. 2003. Tempo de chuva: estudos climáticos e de previsão para o Ceará e Nordeste setentrional. Ceará: ABC Editora.