



**ESTUDO AGROCLIMÁTICO
DO MUNICÍPIO DE
CABACEIRAS-PB**



**Raimundo Mainar de Medeiros
Paulo Roberto Megna Francisco
Valneli da Silva Melo**
organizadores

Estudo Agroclimático do Município de Cabaceiras-PB

Organizadores

Paulo Roberto Megna Francisco
Raimundo Mainar de Medeiros
Valneli da Silva Melo

Estudo Agroclimático do Município de Cabaceiras-PB

1.a Edição

Campina Grande-PB

2016



© Todos os direitos desta edição são reservados aos autores/organizadores e à EDUFCG

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

E82	Estudo agroclimático do município de Cabaceiras-PB / Paulo Roberto Megna Francisco, Raimundo Mainar de Medeiros, Valneli da Silva Melo (orgs.). – Campina Grande: EDUFCG, 2016. 158 p. Formato: E-book. ISBN 978-85-8001-174-6 1. Engenharia. 2. Cabaceiras - Estudo Agroclimático (Paraíba). I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Medeiros, Raimundo Mainar de. III. Melo, Valneli da Silva. IV. Título. CDU 62
-----	---

EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - EDUFCG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG

editora@ufcg.edu.br

Prof. Dr José Edilson Amorim

Reitor

Prof. Vicemário Simões

Vice-Reitor

Prof. Dr. José Helder Pinheiro Alves

Diretor Administrativo da Editora da UFCG

Leandro Fontes de Sousa

Revisão, Editoração, Arte da Capa:

CONSELHO EDITORIAL

Antônia Arisdélia Fonseca Matias Aguiar Feitosa (CFP)

Benedito Antônio Luciano (CEEI)

Consuelo Padilha Vilar (CCBS)

Erivaldo Moreira Barbosa (CCJS)

Janiro da Costa Rego (CTRN)

Leonardo Cavalcanti de Araújo (CES)

Marcelo Bezerra Grilo (CCT)

Naelza de Araújo Wanderley (CSTR)

Railene Hérica Carlos Rocha (CCTA)

Rogério Humberto Zeferino (CH)

Valéria Andrade (CDSA)

Realização



AGRADECIMENTOS

Os organizadores externam seus agradecimentos a todos os autores, em especial à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo e ao Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande – PB.

APRESENTAÇÃO

O clima e suas variações temporais exercem grandes influências sobre a sociedade e a natureza, podendo ser positiva ou negativa. Sendo o ser humano e a sociedade vulnerável as variações climáticas, as atividades do homem são essencialmente voltadas para a agropecuária e o armazenamento de água e sua distribuição para a sobrevivência. A pergunta que fica atualmente é se o clima global é vulnerável ao homem.

A coleta de informações espaço-temporal dos recursos climáticos é fundamental em diversas áreas (Agronomia, Floresta, Agrícola, Recursos Hídricos) dentre outros gamas de usuários e técnicos. O nosso trabalho **Estudo Agroclimático do município de Cabaceiras-PB** trata de temáticas atuais e **das** inquietações futuras acerca de aspectos climáticos e socioambientais desse município paraibano.

Sendo uma coletânea de artigos que trata da produtividade de vários aspectos climáticos do município de Cabaceiras – PB, Brasil, visando alcançar aos setores competentes de tomadas de decisões em caso de eventos extremos (chuva, seca, desmoronamento queimadas, irrigação, alagamentos, enchentes, dentre outras catástrofes), além de auxiliar os setores da agropecuária e também a parte socioeconômica.

O trabalho é destinado também aos técnicos e engenheiros que tratam dos recursos naturais, energia, comunicações, planejamentos urbanos, rurais, regionais e recursos hídricos como forma de armazenamento e abastecimento de água aos seres vivos, como fonte de pesquisa que poderá auxiliar nas tomadas de decisões.

Os organizadores e os autores oferecem aos estudiosos do tema e ao público em geral a oportunidade de conhecer as variabilidades climáticas de um município do semiárido paraibano. Essa temática está sempre sujeita a críticas ainda mais quando a região de estudo enfrenta problemas históricos relacionados às mudanças climáticas.

Vicente de Paulo Rodrigues da Silva
Prof. Dr. UACA/CTRN/DCA/UFCG.

SUMÁRIO

Capítulo 1	9
Descrição da área de estudo	
Capítulo 2	11
Flutuações climáticas e confusões ambientais no mecanismo da desertificação	
Capítulo 3	20
Balanço hídrico a erosividade e seu planejamento agropecuário	
Capítulo 4	32
Variações do balanço hídrico nas últimas três décadas	
Capítulo 5	37
Diagnóstico e tendência da precipitação	
Capítulo 6	43
Flutuações climatológicas pluviométricas	
Capítulo 7	50
Variabilidade anual da precipitação e condições de captação e armazenamento de água	
Capítulo 8	56
Mudanças da precipitação e da temperatura máxima, mínima, média do ar mensal e anual	
Capítulo 9	63
Eventos de precipitação extrema	
Capítulo 10	67
Análise hidroclimática	
Capítulo 11	78
Avaliação hídrica por meio de mudanças climáticas	
Capítulo 12	85
Alteração climática tendo em vista o armazenamento de água	
Capítulo 13	88
Avaliação da erosividade pluviométrica	
Capítulo 14	91
Zoneamento, classificação e aptidão agroclimático de culturas	
Capítulo 15	100
Teoria da entropia da precipitação pluvial	
Capítulo 16	109
Uso do sensoriamento remoto e sig aplicado ao estudo da desertificação	
Capítulo 17	113
Variabilidades mensais, anuais e decadal das temperaturas máximas, mínimas e médias do ar	
Capítulo 18	121
Comparativo dos índices evaporativos das décadas de 1980,1990 e 2000 com a média histórica e as variabilidades da evapotranspiração mensal e anual pelo método de Thornthwaite	
Capítulo 19	126
Oscilações mensais, anuais e decadal das temperaturas máximas e mínimas do ar e as variabilidade mensal e anual da temperatura média do ar	
Capítulo 20	132
Variação média mensal e anual da umidade relativa do ar	
Capítulo 21	136
Contribuição meteorológica à festa turística do Bode Rei	
Referências bibliográficas	144
Curriculum dos Autores	156

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Raimundo Mainar de Medeiros

LOCALIZAÇÃO

O município de Cabaceiras localizado no estado da Paraíba apresenta uma área de 400,22 km². Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 7°18' 36" e 7°35'50" de latitude sul e entre os meridianos de 36°12'24" e 36°25'36" de longitude oeste.

Cabaceiras está inserido na mesorregião da Borborema e microrregião do Cariri Oriental, limitando-se com os municípios de São João do Cariri, São Domingos do Cariri, Barra de São Miguel, Boqueirão e Boa Vista (Figura 1).

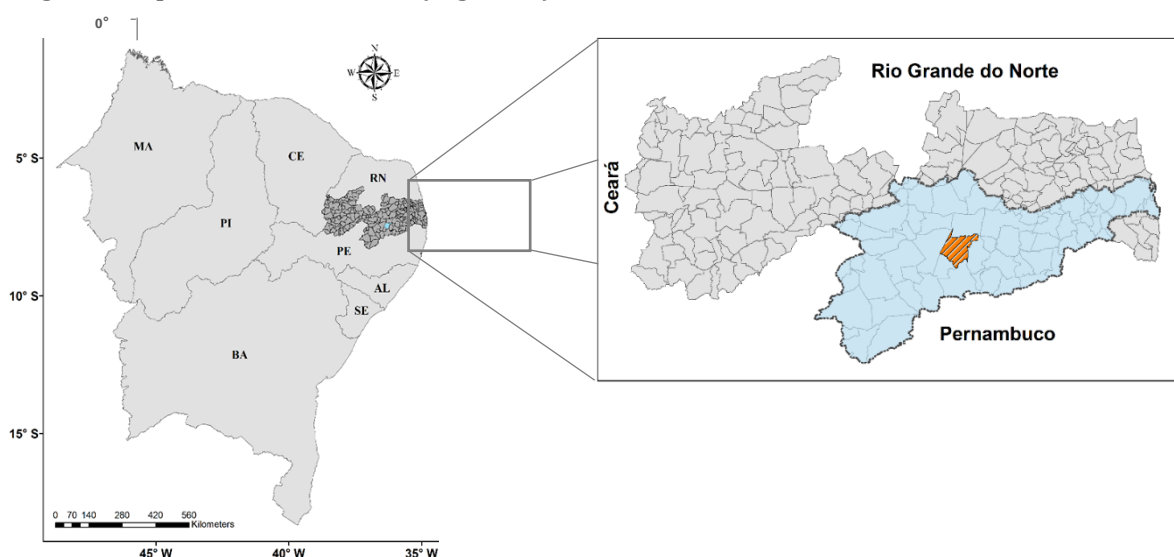


Figura 1. Localização do município de Cabaceiras com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Paraíba. (Adaptada por Sousa, L. F. e Santos, E. G., 2015).

A área de estudo localizada na região do Cariri da Paraíba compreende em grande parte, a área da bacia de contribuição do açude de Boqueirão, que apresenta a montante, duas bacias contribuintes, a do Alto Paraíba e a do rio Taperoá. É uma área aberta, sobre o planalto, com relevo suave ondulado, altitude variando em grande parte entre 400 e 600 m, e drenagem voltada para o leste, o que facilita a penetração uniforme das massas atlânticas de sudeste, propiciando temperaturas amenas (<26°C), e uma maior amplitude térmica diária. Nas áreas com relevo mais deprimido, a precipitação média anual é inferior a 400 mm, aumentando com a altitude no sentido dos divisores da drenagem segundo Francisco (2010).

A área de estudo encontra-se inserida na Borborema, na unidade geomorfológica denominada Planalto da Borborema de formas tabulares e convexas. O Planalto da Borborema segundo Souza et al. (2003), se constitui no mais importante acidente geográfico da Região Nordeste, exercendo na Paraíba um papel de particular importância no conjunto do relevo e na diversificação do clima.

O Cariri da Paraíba compreende em grande parte, a área da bacia de contribuição do açude de Boqueirão, que apresenta a montante, duas bacias contribuintes, a do Alto Paraíba e a do rio Taperoá. É uma área aberta, sobre o planalto, com relevo suave ondulado, altitude variando em grande parte entre 400 m a 600 m, e drenagem voltada para o leste, o que facilita a penetração

uniforme das massas atlânticas de sudeste, propiciando temperaturas amenas (<26°C), e uma maior amplitude térmica diária. Nas áreas com relevo mais deprimido a precipitação média anual é inferior a 400 mm, aumentando com a altitude no sentido dos divisores da drenagem.

Os solos mais representativos é o Luvissole Crômico Vértico fase pedregosa relevo suave ondulado, predominante em grande parte da região; os Vertissolos relevo suave ondulado e ondulado predominam nas partes mais baixa, no entorno do açude de Boqueirão e os Planossolos Nátricos relevo plano e suave ondulado, ao norte. Nas áreas mais acidentadas, ocorrem os Neossolos Litólicos Eutróficos fase pedregosa substrato gnaiss e granito.

Em toda a área, a vegetação é do tipo caatinga hiperxerófila (Figura 2). É uma região tradicionalmente pastoril, onde tem predominando a criação de caprinos. Outrora com produção expressiva de algodão e na atualidade cultiva palma e culturas alimentares em conformidade com Francisco (2010).

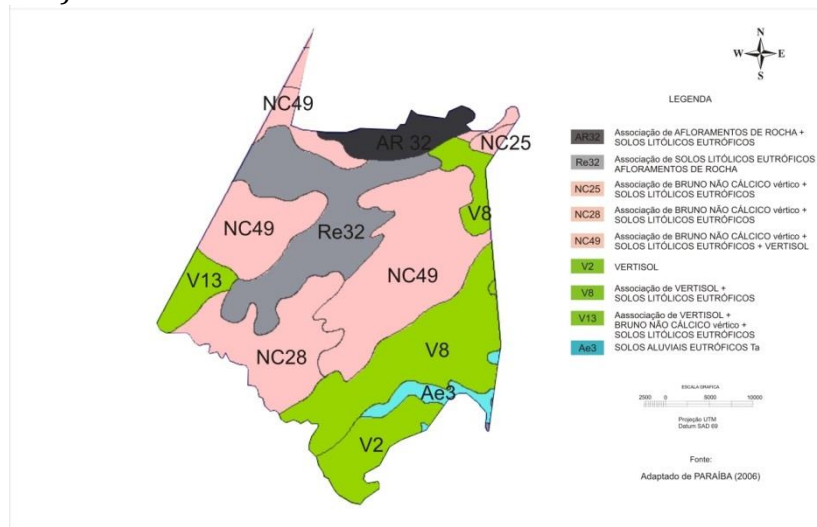


Figura 2. Mapa de solos do município de Cabaceiras. Fonte: Adaptado de Paraíba (2006).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área é do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano⁻¹ e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude. As chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do norte segundo Francisco et al, (2011).

FLUTUAÇÕES CLIMÁTICAS E CONFUSÕES AMBIENTAIS NO MECANISMO DA DESERTIFICAÇÃO

Raimundo Mainar de Medeiros
Valneli da Silva Melo

Introdução

A influência do clima é essencial no meio ambiente, o mesmo é responsável por todas as interações biogeoquímicas entre os componentes bióticos e abióticos dentro do ecossistema e de acordo com o resultado da percepção atual das complexas relações entre o meio ambiente e a sociedade passa necessariamente pelo diagnóstico de como o clima e seus elementos interferem. O clima de toda e qualquer região, situada nas mais diversas latitudes do globo, não se apresenta com as mesmas características em cada ano em conformidade com Soriano (1997).

Para Monteiro (1976), o clima é como algo dinâmico e interativo em caráter de conjunto, de síntese e de dinamismo (variabilidade e ritmo) e a análise dinâmica é extremamente importante para a definição em mesoescala dos sistemas morfológicos, para a interpretação da dinâmica dos processos erosivos do meio ambiente e de outros aspectos.

Nesse contexto, a desertificação constitui um dos mais graves problemas ambientais enfrentados na atualidade, a mesma está associada à redução da produtividade biológica ou econômica das terras, caracterizada pela fragilidade ambiental, social ou econômica. A desertificação pode ser compreendida como a deterioração do quadro natural, com a progressiva redução da biomassa, o ressecamento marcante do ambiente, a elevação acentuada da temperatura média e intensificação dos processos erosivos, inclusive os eólicos, que diante disso, são vários os fatores que colaboram para esse mosaico de domínios naturais: a dinâmica atmosférica regional, as influências orográficas de média escala e as características oceânicas, principalmente as temperaturas das águas superficiais, nessa conjuntura a desertificação tanto pode ter origem em causas naturais ou desencadeadas pela ação antropogênicas (Conti, 2008).

Aubreville (1949), um dos primeiros estudiosos sobre o tema, salienta dois efeitos principais da desertificação: a) a erosão dos solos, seja pelo processo laminar, seja pelo ravinamento, processos que se instalariam como consequências da retirada da vegetação; b) agravamento do déficit hídrico dos solos, em virtude da maior exposição dos mesmos à radiação solar e a ação dos ventos secos. Silva et al, (2011) afirma que o processo da desertificação, de uma maneira geral, ocorre em áreas em que a razão entre precipitação e evapotranspiração potencial anual é inferior a 0,65, isto corresponde a áreas áridas, semiáridas e sub úmidas secas, na qual uma combinação dos fatores antrópicos e naturais agem de forma a acelerar ou não neste processo.

Com base nas definições propostas ao longo dos anos, adotou-se como definição de desertificação a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e sub úmidas secas, resultante das variações climáticas, em maior ou menor grau. Sales (1996) afirma que o município de Cabaceiras, que está localizado na região do Seridó Oriental Paraibano, apresenta um forte comprometimento da economia e do meio ambiente devido à intensidade da degradação do solo, e constitui um dos quatro núcleos de Desertificação do Brasil.

Silva et al., (2010) observa que as altas incidências de raios solares, com consequentes altas de temperaturas aumentam os índices de evapotranspiração, variabilidade climática, assim como os períodos de seca, a intensidade das chuvas, a erodibilidade dos solos, o escoamento superficial e a derivação antropogênica como o desmatamento indiscriminado, as queimadas e

o pastoreio da ovinocaprinocultura acima da capacidade de suporte do ambiente, foram os fatores que aceleram e agravam o processo de desertificação na região do município de Cabaceiras.

A extensão e a intensidade da degradação verificada em Cabaceiras são de grande magnitude, sobretudo ao atravessar o período seco à erosão eólica contribui para a mobilização do material, inserindo na paisagem numa fisionomia semelhante à de desertos segundo Cavalcante et al, (2005). Em virtude da gravidade do problema, tornam-se necessários estudos e medidas práticas a serem adotadas no município de Cabaceiras, caso contrário, este espaço pode transformar-se num deserto atípico, com características ecológicas de deserto de acordo com Silva et al, (2011).

No contexto geográfico, percebe-se que a apropriação do solo, do relevo, como suporte ou recurso, origina transformações que começam com a subtração da cobertura vegetal expondo o solo aos impactos pluviosos. Todavia, ocorrem alterações nas relações processuais, como as mudanças no jogo dos componentes de perpendicular, correspondente à infiltração, a paralela, assoreamento, agentes externos, escoamento superficial ou fluxo de terra em conformidade com Casseti (1994).

Os estudos sobre este processo de degradação são de suma importância porque comprometem fortemente a economia e o meio ambiente e afeta tanto a população urbana e rural, do município e expande-se nas circunvizinhanças, com muita rapidez pelos domínios morfoclimáticos da Caatinga (CPRM, 1972). O processo de avaliação do impacto ambiental é uma tarefa complexa, pela diversidade de fatores sociais, físicos e biológicos, e também por não ser um conhecimento exato das relações entre os ambientes sociais e físicos. Muitos dos conflitos socioambientais estão associados a grandes riscos, tantos naturais (desastres, extinção de espécies, deslizamentos etc.) como sociais (perigo à saúde, deterioração da qualidade de vida, direitos humanos, sobrevivência econômica, etc.) conforme Vargas (1997).

O objetivo deste estudo é caracterizar a desertificação dentro de uma metodologia sistemática, referente aos aspectos geoambientais, na perspectiva de analisar a influencia dos fatores físicos naturais, procurando situá-los no contexto dos riscos mais amplos e da degradação ambiental, cuja incidência tem grande expressão nas baixas latitudes.

Materiais e métodos

Na metodologia foram utilizados dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais adquiridos do banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) para o período de 1926 a 2014.

Utilizou-se da estatística básica para realização dos cálculos da média; moda; mediana; desvio padrão em relação à média; coeficiente de variância; máximos e mínimos valores.

A estimativa da temperatura média do ar foi realizado pelo software denominado "Estima_T" (Cavalcanti et al., 1994, 2006), desenvolvido pelo Núcleo de Meteorologia Aplicada da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O Estima_T é um software para fazer estimativas de temperaturas do ar na região NEB. A região foi dividida em três áreas: 1 - Maranhão e Piauí; 2 - Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco e 3 - Alagoas; Sergipe e Bahia. Para cada uma das regiões se determinaram os coeficientes da função quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal, em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude (Cavalcanti et al. 2006).

O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática, dada por:

$$T = C_0 + C_1 \lambda + C_2 \varnothing + C_3 h + C_4 \lambda^2 + C_5 \varnothing^2 + C_6 h^2 + C_7 \lambda \varnothing + C_8 \lambda h + C_9 \varnothing h + ATSM_{ij}$$

Onde:

C_0, C_1, \dots, C_9 são as constantes;
 $\lambda, \lambda^2, \lambda \emptyset, \lambda h$ longitude;
 $\emptyset, \emptyset^2, \lambda \emptyset$ latitude;
 $h, h^2, \lambda h, \emptyset h$ altura.

Os índices i e j indicam, respectivamente, o mês e o ano para os quais se está calculando a temperatura do ar (T_{ij}). Assim, o sinal das Anomalias de Temperaturas da Superfície do Mar (ATSM), $ATSM_{ij}$ assume valores positivos e negativos, de acordo com o padrão de comportamento de TSM do oceano. Cavalcanti e Silva (1994) também utilizaram uma superfície quadrática para determinar as temperaturas médias e extremas no NEB e, expressa, porém, apenas em função das coordenadas geográficas.

Pode-se, estimar a série temporal de temperatura, adicionando-lhe a anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical, Silva et al.,(2006).

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$j = 1926, 1927, 1928, \dots, 2014$$

A precisão baseada nos valores e na significância dos coeficientes de determinação, avaliados pelo teste "F" e, testados pelo teste "T" de Student, considerando um nível aceitável de até 5% de probabilidade, foi o critério adotado para aceitação do método escolhido.

O regime pluviométrico municipal possui uma distribuição irregular espacial e temporal, que é uma característica do NEB, em função disto a sua sazonalidade de precipitação concentra quase todo o seu volume durante os cinco meses no período chuvoso conforme os autores Silva (2004) e Medeiros (2014).

Os fatores provocadores da precipitação na área de estudo são: As contribuições das formações dos ciclones de altos níveis quando o seu centro está sobre o Oceano Atlântico, o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical, as formações de linha de instabilidade auxiliadas pelos vórtices ciclone do Atlântico sul, a troca de calor e seus efeitos locais com auxílio do vento alísio de sudeste as contribuições das ondas de leste e Maddem e Juliem e atuação do fenômeno de larga escala La Niña que aumentam a nebulosidade e provocam chuva acima da normalidade em conformidade com Medeiros (2014).

Na Tabela 1 podemos observar os dados de precipitações climatológicos mensais e anuais, dos últimos 88 anos obtidos através da publicação da AESA (2014).

Tabela 1. Precipitação média mensal e anual registrada no município nos últimos 88 anos.

mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
média	23,0	39,2	59,8	60,2	42,3	43,5	36,8	14,8	5,2	3,4	3,8	9,3	336,6

Fonte: AESA (2011).

Na Tabela 2, observamos as variabilidades dos elementos meteorológico mensal e anual na caracterização física ambiental da área de estudo. O município tem temperaturas mínimas oscilando de 17,8 °C a 20,8 °C com uma taxa anual de 19,7 °C, a temperatura máxima flui entre 27,8 °C a 32,6 °C e sua temperatura máxima anual são de 30,5 °C, sua temperatura média oscila entre 22,1 °C a 25,3 °C com uma temperatura média anual de 24 °C, a amplitude térmica anual é de 10,8 °C com variações mensais de 9,3 °C a 12,4 °C. A umidade relativa do ar anual é de 63,8% e sua flutuação mensal e de 48% a 80%. A velocidade do vento flui entre 1 a 2 ms⁻¹, com um valor anual de 1,5 ms⁻¹. A direção predominante do vento anual é de NE - SE. O município de Cabaceiras tem uma evaporação anual de 338,4 mm e sua flutuação mensal é de 3,5 mm a 59,8 mm e com uma evapotranspiração anual de 1.248,4 mm com flutuação mensal de 79,2 mm a 127,0 mm A insolação total varia de 119,0 a 237,9 horas e décimos com uma taxa anual de 2.224 horas e décimos e a cobertura de nuvens varia de 1,0 a 7,0 décimos e sua taxa anual é de 6,8 décimos. A precipitação anual é de 336,6 mm e suas flutuações mensais variam de 3,5 a 60,2 mm. De conformidade Medeiros (2014).

Tabela 2. Variabilidade dos elementos meteorológicos mensais e anual na caracterização física e impactos ambientais na desertificação em Cabaceiras. Temp. máxima = Temperatura máxima; Temp. mínima = Temperatura mínima; Temp. média = Temperatura média; Precip. máxima absoluta = Precipitação máxima absoluta; Precip. mínima absoluta = Precipitação mínima absoluta.

Parâmetros/Meses	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Temp. máxima	32,1	31,7	31,2	30,4	29,2	28,1	27,8	28,8	30,2	31,7	32,5	32,6	30,5
Temp. mínima	20,7	20,8	20,8	20,5	19,8	18,8	17,9	17,8	18,8	19,6	20,1	20,6	19,7
Temp. média	25,3	25,1	24,8	24,5	23,7	22,6	22,1	22,4	23,3	24,3	25,0	25,3	24,0
Amplitude térmica	11,4	10,9	10,4	9,9	9,4	9,3	9,9	11,0	11,4	12,1	12,4	12,0	10,8
Umidade relativa ar	50,0	70,0	75,0	77,0	70,0	80,0	80,0	66,0	49,0	50,0	48,0	50,0	63,8
Direção vento	1,7	1,5	1,0	1,1	1,2	1,1	1,1	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,5
Intensidade vento	NE	NE	NE	NE	NE-SE	NE-SE	NE-SE	NE	NE-SE	NE-SE	NE-SE	NE-SE	NE-SE
Evaporação	22,2	39,7	59,4	59,8	41,2	43,4	36,3	14,5	5,3	3,5	3,7	9,4	338,4
Evapotranspiração	123,1	111,3	117,3	107,5	99,0	82,1	79,2	83,1	91,9	109,6	117,3	127,0	1.248,4
Insolação	238,9	203,0	203,0	173,6	175,4	151,1	119,0	150,7	181,9	212,5	217,2	197,7	2.224,0
Nebulosidade	0,60	0,65	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,50	0,20	0,10	0,20	0,20	0,68
Precipitação climatológica	23,0	39,2	59,8	60,2	42,3	43,5	36,8	14,9	5,2	3,4	3,8	9,3	336,6
Precip. máxima absoluta	279,2	183,8	386,0	271,2	184,8	176,0	154,8	71,0	50,0	91,4	45,0	157,0	775,5
Precip. mínima absoluta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6

Fonte: Estudo Agrometeorológico para o Estado da Paraíba (2014).

Neste estudo foram utilizados relatórios técnicos, artigos, dissertações, dados meteorológicos de temperatura máxima; temperatura mínima; temperatura média; amplitude térmica; velocidade e direção do vento; evaporação; evapotranspiração; insolação total; nebulosidade; precipitação climatológica; precipitação máxima absoluta; precipitação mínima absoluta; onde se trabalhou com programas Estima_T desenvolvido pelo Departamento de Meteorologia da UFCG, reta de regressões múltiplas; interpolações (Medeiros, 2013), mapa temático de localização, na qual, constam estradas, drenagens, os municípios vizinhos, as rodovias e estradas de leito natural. Foram realizadas visitas de campo/técnicas onde foram identificados e registrados os seguintes aspectos:

- (a) características climáticas, hidrológicas, geomorfológicas, pedológicas e cobertura vegetal da área de estudo;
- (b) variabilidade climática e sua influência no processo de desertificação; e
- (c) causas e consequências que influenciam no meio ambiente.

Foi utilizado o controle de campo do mês de janeiro de 2010, o acompanhamento das intensidades de chuva, análise dos solos, comportamento dos fatores intrínsecos das vertentes, formas de apropriação, bem como a avaliação de processos resultantes, análise de documentos como relatórios técnicos e registros fotográficos.

Os dados foram gerados em planilhas eletrônicas pelo método das estimativas, interpolação das estações meteorológicas dos municípios circunvizinhos e das retas de regressões múltiplas a partir das coordenadas geográficas latitude, longitude e altitude da área em estudo.

Resultados e discussão

O processo de desertificação no município de Cabaceiras é causado por uma interação complexa de fatores físicos. As consequências ambientais da degradação do solo são bastante graves, os aspectos mais maléficos são; a redução da capacidade de produção das terras, abatimento da produção agropecuária, mudanças no macro e microclima, estabilidade nos índices pluviométricos e do não essencial fornecimento de água no solo, perda de microrganismos e nutrientes no solo, mudanças no padrão de drenagem, risco de extinção de espécies, redução da biodiversidade (vegetal, animal e da paisagem), desmatamento desproporcional com a finalidade de vender a lenha para panificadoras assoreamento de rios, riachos, córregos, lagos e lagoas de regime intermitente, empobrecimento da população, abandono de terras, êxodo rural, e ressecamento dos brejos e dos olhos da água que fornecem água em diversas atividades desenvolvidas para os seres humanos, vegetal e animal do município de Cabaceiras, são situações que comprometem fortemente a economia e o meio ambiente estudado.

O panorama da degradação ambiental em Cabaceiras tem ampla magnitude, não apenas pela sua expansão, mas principalmente pelo rápido processo de degradação. As erosões têm causado sérios efeitos negativos tanto nas zonas urbana e rural, agredindo rodovias, estradas, vegetação e o solo por meio do processo erosivo, culminando com o assoreamento de baixios, de grotas, riachos, rios, lagos, lagoas, córregos, açudes e barragens.

As observações foram realizadas nos meses de janeiro a junho, que coincidindo com o período chuvoso, o processo se agrava, devido à ação erosiva da chuva causada pelo impacto das gotas no solo. A ação erosiva depende do volume e da velocidade da chuva, e ainda com a declividade do terreno e capacidade de absorção do solo.

A intensidade das chuvas é o fator mais importante, e quanto maior a intensidade, maior é a perda por erosão. Nesse sentido, as áreas susceptíveis à desertificação em Cabaceiras, caracterizam-se por longos períodos de seca, seguidos por outro de intensa chuva. Ambos os processos, seco e/ou chuvoso, costumam provocar expressivos prejuízos ambientais, econômicos e sociais, afetados pela variabilidade climática do município e da região.

A variabilidade espacial e temporal dos índices pluviométricos e dos desvios anuais das precipitações, solos Litólicos, com reduzida capacidade de retenção de água, ventos quentes e secos, altas taxas de insolação total diretamente a superfície, baixa cobertura de nuvens provocando os estímulos das taxas de evaporação e da evapotranspiração, a variabilidade diurna da umidade relativa do ar e as flutuações das temperaturas, as altas taxas de queimadas provocam condições favoráveis e acentuam o processo da desertificação. Desta forma, o relevo está sendo completamente arrasado (Figura 1), levando consigo a cobertura vegetal e deixando o campo nu.



Figura 1. Área em processo de desertificação. Fonte: diversificada.

Todavia, os aspectos morfológicos, bem como as variações climáticas associadas à forte erosividade das chuvas locais e da erodibilidade de seus solos assumem maior expressividade nos condicionantes da desertificação, resultando em grave quadro de erosão em sulco, como se observa em Cabaceiras.

Nesta acepção, o clima é algo de extremo valor, um patrimônio para a humanidade, considerado como um importante recurso natural. Em outras palavras o Clima é, na realidade, um insumo natural extremamente vinculado aos processos físicos e econômicos. Desta forma, a relação entre o clima e a organização do espaço depende do grau de desenvolvimento econômico e tecnológico de cada sociedade, em particular, e de quais atributos climáticos são mais relevantes em cada região ou local.

Desta forma, as questões ambientais vinculadas direta ou indiretamente ao clima demonstram a intensa vulnerabilidade da sociedade contemporânea em relação aos fenômenos da natureza, segundo Mendonça (2007).

Segundo Nicholson (1999), a expansão dos núcleos de desertificação é um dos maiores problemas causados pelas estiagens nas regiões semiáridas, pois os fenômenos meteorológicos que contribuem para a desertificação são, por ordem de importância, as secas, as avalanches, a erosão do vento e a variabilidade climática.

A posição geográfica em baixa latitude expõe ao município de Cabaceiras uma intensa radiação solar, que esgota as reservas de água superficiais, ameaçando o equilíbrio da biosfera. A amputação da cobertura vegetal expõe o solo à erosão e a uma elevada refletância, onde provoca uma desestabilização no balanço da energia no solo de acordo com Galvão (1994).

Em equidade da redução ou dissipação da cobertura vegetal, o balanço térmico desequilibra-se, com o aumento da refletividade da radiação solar, ou seja, do albedo ao nível da superfície. Este, por sua vez, intensifica a subsidência atmosférica, conduzindo, para a superfície, o ar seco da alta troposfera, inibindo a formação de nuvens e reduzindo a probabilidade de chuvas. Da mesma forma, o solo desprotegido e exposto diretamente à radiação solar tem sua capacidade de retenção de água muito reduzida conforme Silva et al, (2010). Segundo o autor a intensa degradação da área é consequência dos processos de erosão hídrica pela ação das águas sobre solos extremamente friáveis. As irregularidades climáticas têm forte influência sobre o processo da desertificação.

O problema é afrontado tanto no período chuvoso (as chuvas arrastam grandes quantidades de terra), quanto no período seco, época em que os solos ficam demasiadamente secos e a ação do vento acentuam ainda mais o processo erosivo. Os brejos e leitos dos rios estão sendo soterrados pelos solos erodidos.

Salienta-se ainda que, as mudanças climáticas determinadas por causas naturais são, regra geral, lentas, ocorrendo na escala de milhares de anos, ao passo que, as alterações produzidas pela ação antrópica manifestam-se em poucas décadas em conformidade com Cassetti (1994).

Todavia, Mendonça (2007) elucida que o sistema climático é formado por um conjunto de elementos altamente dinâmicos que interagem com os fatores geográficos do clima, existindo assim uma permanente troca de energia e interdependência. Nesse sentido, os estudos do clima no campo da geografia estão direcionados para a espacialização dos elementos e fenômenos atmosféricos, buscando explicar sua dinâmica processual.

Desta maneira, tanto a meteorologia como a geografia, visam integrar as diferentes camadas terrestres para a compreensão da produção e da organização do espaço, no estudo do tempo e clima, tem um vetor de grande relevância no espectro de suas análises espaciais e temporais de acordo com Silva et al, (2010).

De qualquer forma, há vários outros critério para se avaliar o processo de desertificação, como, por exemplo, a variabilidade interanual da precipitação, por meio de fórmulas que levem em conta o desvio-padrão anual do fenômeno, além da realização de análises espectrais de séries temporais de precipitação, a fim de detectar ciclicidades, periodicidades e tendências conforme Silva et al, 2010).

Vulnerabilidade dos domínios morfoclimáticos

Ab'Sáber (1970) define seis domínios morfoclimáticos para o Brasil, entre eles a Paraíba está inserida no Domínio das Caatingas – região nordestina de formações cristalinas, área depressiva inter montanhas e de clima semiárido, de acordo com o clima o solo tem características semelhantes como: rasos e pedregosos, com muita intensidade de intemperismo físico nos latossolos e pouca erosão nos Litólicos e com presença de sais no solo, como: Solonetz, Solodizado, Planossolo, solódicos e solonchacks. A vegetação é caracterizada como herbácea tortuosa, tendo como espécies as cactáceas, o mandacaru, o xique-xique, vegetações que sobrevivem a épocas de extrema estiagem e em razão disso possuem adaptações, como a casca dura e seca, conservando a umidade em seu interior.

No que diz respeito à vegetação, a caatinga apresenta-se amplamente diversificada, tanto na sua fitofisionomia, como na composição florística, em função da diversidade de ambientes que compõem o semiárido brasileiro, comandada pelas alterações locais dos elementos do clima, especialmente no que se refere à quantidade e à distribuição da chuva. Vários autores, reconhecendo essa diversidade, classificam a caatinga de forma plural em diferentes subsistemas o que leva a concebê-la como o Bioma das Caatingas segundo Cavalcanti et al, (2007).

A desertificação biológica ocorre quando os ecossistemas perdem sua capacidade de regeneração, verificando-se rarefação da fauna e redução da cobertura vegetal, seguidas de empobrecimento dos solos e da salinização. Diante disso, em qualquer domínio morfoclimático, no caso de Cabaceiras e alguns enclaves da Caatinga, as configurações espaciais determinadas pela compartimentação topográfica, cobertura natural, rede de drenagem, altitude, dentre outros aspectos meteorológicos e geográficos, interagem de forma significativa com os padrões climáticos regionais (CONTI, 2008).

Impactos ambientais na hidrografia

Do ponto de vista hídrico, o semiárido é conhecido por sua média pluviométrica de 800 mm por ano, existindo em pequena parcela desse espaço uma média anual inferior a 400 mm. Os anos mais secos dificilmente são inferiores a 200 mm, não chegando a existir um ano sem chuvas. O que explica o déficit hídrico é o elevado potencial de perda de água por evapotranspiração (lembrando que o semiárido brasileiro está totalmente situado na zona tropical); má distribuição das chuvas no tempo e no espaço; a quase inexistência de rios perenes que possam garantir a qualidade e a quantidade da água sequer minimamente necessária para as populações locais; baixo nível de aproveitamento das águas de chuva; opção pela tecnologia dos grandes açudes, com grandes espelhos de água que facilitam a evaporação conforme Cavalcanti et al, (2007).

O padrão de drenagem predominante é o dendrítico, isoladamente tendendo a pinado (CPRM, 1972). No tocante ao quadro natural, as características edafoclimáticas da região como, as fortes chuvas que transportam grande quantidade de sedimentos para a drenagem da região (lagoas, lago, córregos, grotas, riachos, rios, açudes, barragens), ocorrendo o intenso processo de assoreamento destes cursos da água de regime intermitente ou perene. O processo de assoreamento dos rios da região é bastante comum, por sedimentos oriundos do processo erosivo corrente na área, segundo Galvão (1994). A deposição de sedimentos nos rios acaba por alterar os cursos da água, gerando feições denominadas meandros abandonados.

A Meteorologia, nas últimas décadas, tem apresentado novas técnicas metodológicas com uma roupagem atualizada dos parâmetros conceituais e uma base tecnológica apoiada nas ferramentas informatizadas. Desse modo, objetiva-se a aplicação do conhecimento geográfico, especificamente aos aspectos físicos, de forma eficaz aos estudos e manejos dos impactos ambientais conforme Silva et al, (2010).

Diante dos novos desafios a serem analisados atualmente, na perspectiva da abordagem meteorológica e geográfica do tempo, clima e da climatologia, a utilização do método sistêmico vem sendo amplamente empregado, uma vez que o mesmo expressa uma visão extremamente interativa, relacionando processos e respostas. O enfoque sistêmico fornece uma nova via de investigação, abrindo novas relações para as interpretações mais complexas a respeito do clima.

Segundo Andrade (1987), um dos princípios da Geografia é a interconexão, pois nenhum fenômeno age de forma isolada.

No que se refere à biografia, existe uma carência da determinação e literatura da área de abrangência nos estudos da desertificação. Julga-se que dados meteorológicos reais sejam de fundamental importância para embasar os estudos em melhores análises.

Em considerações finais, a desertificação pode ser entendida, como um conjunto de fenômenos naturais que conduzem determinadas áreas a se transformarem em desertos ou a eles se assemelham. Portanto, pode resultar, por ser uma região de solos arenosos, pobres em matéria orgânica, após constante dos ventos, irregularidade das chuvas que arrastam enorme quantidade de sedimentos, das variabilidades climáticas determinadas por causas naturais ou pela derivação antropogênica, sobre ecossistemas frágeis, sendo, neste caso, as periferias dos desertos as de maior risco de degradação generalizada em virtude de seu incerto equilíbrio ambiental.

Por meio do panorâmico apresentado, cabe ressaltar que o entendimento da caracterização geoambiental de uma determinada área, exige o conhecimento da dinâmica, dos processos e das relações existentes entre os elementos físicos que atuam no meio ambiente, sendo necessário ter uma visão integrada dos fatores que o compõem e influenciam num determinado fenômeno.

À cobertura natural, da região está caracterizada pelo Bioma caatinga, bem expressiva, porém bastante degradada ao longo do tempo para a exploração da lenha, produção de carvão, ocupação do solo com agricultura e com pasto para a pecuária. O desmatamento da caatinga nativa para formação de campos agrícolas para o plantio de culturas de subsistência. As queimadas através da técnica da “coivara” são implementadas em curtos intervalos de tempo para a preparação de novas plantações. Retirada de madeira nativa para serem vendidas aos proprietários de olarias, panificadoras, cerâmicas e para consumo próprio, como produto energético para a alimentação dos seus fornos.

Pode-se detectar também que a vegetação predominante nessa região é reflexa do solo, do relevo e do clima predominante; por isso, predominam um alto grau de empobrecimento da vegetação, constituindo-se de extratos compostos por árvores, arvoretas, arbustos e ervas que secam no período de seca.

Conclusões

O fenômeno da desertificação em Cabaceiras está diretamente relacionado com a variabilidade climática, a estrutura geológica, as formas do relevo, os solos e a cobertura vegetal. À cobertura natural, da região está caracterizada pelo Bioma caatinga, bem expressiva, porém bastante degradada ao longo do tempo para a exploração da lenha, produção de carvão, ocupação do solo com agricultura e com pasto para a pecuária.

Pode-se detectar também que a vegetação predominante nessa região é reflexa do solo, do relevo e do clima predominante; por isso, predominam um alto grau de empobrecimento da vegetação, constituindo-se de extratos compostos por árvores, arvoretas, arbustos e ervas que secam no período de seca.

Tendência de crescimento nas áreas de desertificação e, conseqüentemente, uma redução das demais classes de fauna e flora encontradas na região estudada.

Os elementos de variabilidade climática como: temperaturas máximas, mínimas, médias e amplitudes térmicas, velocidade e direção do vento, evaporação, evapotranspiração, insolação total, nebulosidade, precipitação pluviométrica, desvio padrão da precipitação coeficiente de variância, precipitações máximas e mínimas absolutas, as contribuições dos efeitos locais e de pequenas e largas escalas tem uma enorme contribuição para os aumentos da erodibilidade dos solos.

A área degradada necessita-se da conscientização da população, do incentivo por parte do governo e do setor privado, em relação à criação de grupos de estudos que busquem maneiras, que sejam menos dispendiosas e demoradas, de suavizar ou até mesmo reverter o processo de desertificação.

BALANÇO HÍDRICO A EROSIVIDADE E SEU PLANEJAMENTO AGROPECUÁRIO

Raimundo Mainar de Medeiros
Rigoberto Moreira de Matos
Patrícia Ferreira da Silva
Luciano Marcelo Fallé Saboya
Maria da Conceição Patrício
Victor Herbert de Alcântara Ribeiro

Introdução

As informações das condições climáticas de uma determinada região são necessárias para que se possam instituir estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação de práticas agropecuárias viáveis e seguras para o meio ambiente.

A contabilização da água contida no solo, e a forma de medir a quantidade de água que entra e sai deste solo é dada pelo balanço hídrico. Sendo as entradas representadas pela precipitação, irrigação, orvalho, escoamento superficial, drenagem lateral e ascensão capilar, e as saídas ou perdas são representadas pela evapotranspiração, escoamento superficial, drenagem lateral e drenagem profunda (Sentelha, apud Carvalho, 2004).

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica do solo ao longo do tempo. O balanço hídrico tomado como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos (Lima, 2009). Assim, a primeira avaliação de uma região é o balanço, a partir do qual se determina a contabilização de água de uma determinada camada do solo, onde se define os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) de um determinado local (Reichardt, 1990). Deste modo, a técnica permite a identificação de áreas onde as culturas podem ser exploradas com maior eficácia (Barreto et al., 2009).

Segundo Campos e Silva (2010) por meio do Balanço Hídrico (BH) é possível determinar as regiões que apresentam déficit ou excesso hídrico, utilizando variáveis como a precipitação e evapotranspiração. Silva et al. (2006) afirmam que, balanços hídricos são importantes para acompanhar a dinâmica da água em ecossistemas agrícolas e naturais.

Os impactos climáticos ocorridos nos últimos 60 anos na estrutura agrária do território brasileiro, provavelmente, trouxeram impactos ambientais que certamente promoveram mudanças de comportamento da camada inferior da atmosfera, afetando diretamente o regime hídrico das precipitações pluviais e da disponibilidade de água no solo. Em nosso país, as maiores dificuldades para a análise das variáveis do clima se referem ao curto segmento temporal das séries históricas e às falhas e inconsistências dos dados meteorológicos conforme Horikoshi et al. (2007).

A região Nordeste do Brasil (NEB) caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal da precipitação e dos processos de escoamento e erosão dos solos, como também pelo alto potencial para evaporação da água em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas durante todo o ano. Assim, a região NEB é considerada como uma região anômala

no que se refere à distribuição espacial e temporal da precipitação ao longo do ano (Souza et al., 1998).

Dentre os fatores climáticos, a chuva é o de maior importância e o que maiores prejuízos provocam, não só pela quantidade insuficiente, mas principalmente pela sua má distribuição espacial e temporal. A ocorrência de secas periódicas e veranicos em períodos que deveriam ser chuvosos, fenômenos que são relativamente frequentes, tornam a prática da agricultura de sequeiro nessa região uma atividade de altíssimo risco. Na agricultura atual, a limitação dos elementos do clima e fatores edáficos leva ao estabelecimento de locais e períodos onde as condições são menos adversas às espécies em cultivo em conformidade com Andrade Junior et al. (2009).

O balanço hídrico é uma primeira avaliação de uma região, que se determina a contabilização de água de uma determinada camada do solo onde se define os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) de um determinado local de acordo com REICHARDT (1990), assim, identificando as áreas onde as culturas e a indústria pode ser explorada com maior eficácia conforme BARRETO et al. (2009).

O balanço hídrico pode ser utilizado para resolver inúmeros problemas, tais como o intervalo de irrigação, o planejamento dos recursos hídricos, a previsão de rendimentos das culturas, a classificação climática, definir o uso da terra e de práticas agrícolas, bem como estudos ambientais e caracterização hidrológica para gestão da água de acordo com os autores Vestena e Lange Filho, (2008). Matos et al. (2014) afirmam que o uso do balanço hídrico climatológico para uma região é de suma importância, pois o mesmo considera o solo, sua textura física, profundidade efetiva do sistema radicular das culturas e o movimento de água no solo durante todo o ano.

De acordo com Carneiro (2003), uma espécie animal e/ou planta no século XVI era extinta a cada dez anos, no novo século XXI é fácil encontrar o desaparecimento de animais e vegetais por dia ou em processo de declínio, devido ao acelerado desmatamento, queimadas, poluição do solo, dentre outros fatores.

Vários pesquisadores têm buscado decidir o melhor índice de erosividade para as diferentes condições brasileiras. Tal índice seria aquele que melhor se correlacionasse com as perdas de solo, como feito por Wischmeier e Smith (1958). Embora os coeficientes de correlação entre o EI_{30} e as perdas de solo no Brasil sejam comumente inferiores aos encontrados em outros países, de acordo com Morais (1986), sendo superiores aos obtidos com o uso do $KE > 25$.

No Brasil, vultoso número de solos já tem o valor de erodibilidade verificado, principalmente com uso de chuvas. Conforme Dedeczek (1988), a erodibilidade de solos com horizonte B latossólico varia de 0,002 a 0,034 t h (MJ mm)⁻¹, e a dos solos que possuem horizonte B textural fica entre 0,004 e 0,044 t h (MJ mm)⁻¹.

Em várias regiões do Brasil tem ocorridos sérios problemas de degradação ambiental, ocasionados tanto por alterações antrópicas quanto por processos naturais. Dentre os processos naturais pode-se destacar a erosão hídrica como uma das mais importantes formas de erosão do solo, principalmente quando não há planejamento e desrespeito à capacidade de uso dos recursos naturais segundo Bazzano et al. (2010).

A erosividade das chuvas, definidas como o potencial da chuva em causar erosão no solo, é função exclusivamente das características físicas da própria chuva, entre as quais é citado sua quantidade, intensidade, diâmetro de gotas, velocidade terminal e energia cinética. Na expectativa de detalhar os estudos desse agente erosivo, pesquisas têm demonstrado que as características da chuva que proporcionam as correlações mais elevadas com as perdas de solo são a intensidade e a energia cinética de acordo com Moreti et al. (2003).

Além da erosividade outra importante característica da chuva relacionada com o processo de erosão hídrica do solo diz respeito ao seu padrão hidrológico. Horner e Jens (1942) caracterizaram as chuvas em padrões denominados avançados, intermediários e atrasados, quando o pico de maior intensidade da chuva ocorre, respectivamente, no primeiro terço do

mês, no segundo terço do mês e no terceiro terço do mês do período de duração total da chuva. No Rio Grande do Sul, Mehl et al. (2001) caracterizaram os padrões de chuva ocorrentes em Santa Maria concluindo que o padrão avançado é o que ocorre com maior frequência. Além desses autores, Bazzano et al. (2010), Carvalho et al. (2009) e Cassol et al. (2007) também adotaram a mesma metodologia de classificação dos perfis para outras regiões do Brasil.

O conhecimento do comportamento das variáveis climáticas é de suma importância para o planejamento das atividades agrícolas. E a temperatura do ar destaca-se na condução de estudos concernentes à ordenação agrícola, uso do solo, zoneamento ecológico e aptidão climática, época de semeadura, estimativa do ciclo das culturas, dentre outras. (Oliveira Neto et al., 2002).

A chuva fraca é de grande importância para a agricultura, pois ela é mais propícia para manter a umidade do solo, se esta chuva diminui, o solo vai ficando cada vez mais seco, sem vegetação, se tornando desprotegido. Isto confirma a situação pelo qual a região passa, a qual está incluída numa área que apresenta alta susceptibilidade à desertificação de acordo com o Relatório do Programa nacional de combate à desertificação.

As consequências que poderão ocorrer nas características do clima atual, as graves seriam a elevação dos IA e das áreas de desertificação devido à elevação da deficiência hídrica. Além de eventos extremos que estaria associado prioritariamente nas regiões que hoje já são áridas ou semiáridas, a exemplo do semiárido brasileiro (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

Medeiros et al. (2013) Conhecer o clima local é um fator importante para planejar os recursos hídricos, haja vista que vários elementos meteorológicos estão inseridos no ciclo hidrológico. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a estimativa dos balanços hídricos climatológicos (BHC) e suas classificações segundo Köppen e Thornthwaite e Mather para a área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto, PI. Os meses de maiores insolação ocorrem entre maio a outubro com flutuações variando de 223 horas e décimos a 297,1 horas e décimos. A umidade relativa do ar oscila entre 60% a 80% nos meses de novembro a maio. A retirada de água na área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto ocorrem nos meses de agosto a janeiro, as deficiências hídricas ocorrem entre os meses de outubro a janeiro, a reposição das águas acontecem nos meses de fevereiro e março e os excedentes hídricos ocorrem entre os meses de abril a julho, desta forma conclui-se que a comunidade ribeirinha utiliza-se de sistema de irrigação nas atividades agrícolas independente dos períodos seco ou chuvoso.

Precisa-se entender que o sucesso do desenvolvimento de uma região depende da exploração correta e do uso eficiente de seu capital natural, ou seja, é preciso encarar o desafio de uma convivência sustentável e aceitar a fragilidade dos ecossistemas envolvidos conforme Andrade et al. (2010).

Aubreville (1949), um dos primeiros estudiosos sobre o tema, salienta apresenta dois efeitos principais da desertificação: a) a erosão dos solos, seja pelo processo laminar, seja pelo ravinamento, processos que se instalariam como consequências da retirada da vegetação; b) agravamento do déficit hídrico dos solos, em virtude da maior exposição dos mesmos à radiação solar e a ação dos ventos secos.

No contexto geográfico, percebe-se que a apropriação do solo, do relevo, como suporte ou recurso, origina transformações que começam com a subtração da cobertura vegetal expondo o solo aos impactos pluviosos. Todavia, ocorrem alterações nas relações processuais, como as mudanças no jogo dos componentes de perpendicular, correspondente a infiltração, a paralela, assoreamento, agentes externos, escoamento superficial ou fluxo de terra (Cassetti, 1994).

Os estudos sobre este processo de degradação são de suma importância porque comprometem fortemente a economia e o meio ambiente e afeta tanto a população urbana e rural, do município e expande-se nas circunvizinhanças, com muita rapidez pelos domínios morfoclimáticos da Caatinga (CPRM, 1972).

Erosividade é a capacidade potencial das chuvas em causar erosão do solo, e se constitui em grande problema nas áreas de utilização agrícola dos solos. Perdas de solo por erosão hídrica podem ser estimadas pela aplicação de modelos de predição de erosão, sendo a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) (Wischmeier e Smith, 1978) um dos modelos mais utilizados no mundo. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2010) a determinação de fatores erosivos por meio da Equação Universal de Perda de Solo contribui para que se tenha uma previsão mais precisa das perdas de solo, servindo como guia para o planejamento do uso do solo e determinação das práticas de conservação do solo mais apropriadas a uma dada área.

O fator erosividade das chuvas (R) permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo de acordo com Menezes et al. (2011).

O fator R é o resultado de todos os eventos de chuva considerados erosivos, quantificados pelo índice EI_{30} , durante o ano. Desta forma, os índices de erosividade da chuva (EI_{30}) são determinados para cada evento de chuva isoladamente a partir da classificação destes em erosivos ou não erosivos. Nas condições climáticas brasileiras, os eventos chuvosos considerados erosivos são de precipitação mínima de 6,0 mm pelo período mínimo de 15 minutos ou 10,0 mm de precipitação por um período considerado longo conforme os autores Machado et al. (2014) e Oliveira et al. (2011). Assim, tornam-se necessários estudos voltados a caracterização do balanço hídrico associado à erosividade causada pelas chuvas que ocorrem nas regiões semiáridas mesmas escassas, porém de grande intensidade, a fim de se identificar qual o melhor manejo visando o controle dos impactos ambientais.

Dada à relevância da temática, objetivou-se em fornecer maiores informações sobre os aspectos climáticos avaliar o balanço hídrico a erosividade das chuvas em função do cenário de mudanças climáticas, além e seu planejamento agropecuário para o município de Cabaceiras - PB.

Materiais e métodos

Na metodologia utilizaram-se dados de precipitação climatológica média mensal e anual adquiridos do banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) para o período de 1926 a 2010.

Os dados da temperatura média do ar estimada através da utilização de um software “Estima - T”, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), referente ao período de 1950 a 2010.

Para este estudo utilizou-se o método do balanço hídrico climatológico desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955), sendo uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo em escala, através de valores médios mensais e anuais, (normal climatológica) onde se adotou o CAD igual a 100 mm. Utilizando-se dos dados de temperatura do ar e chuva para o cálculo do balanço, o qual fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água do solo (ARM). Este tipo de análise torna-se assim um indicador da disponibilidade hídrica em uma região, para um grupo de culturas, além de ser uma ferramenta empregada em distintas áreas do conhecimento.

Os dados foram elaborados conforme a metodologia do IV Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR4, 2007) para cenários de precipitação e temperatura média mensal do ar com redução da precipitação de 10% e aumento da temperatura do ar em 1°C (cenário otimista - B2) e redução da precipitação pluvial de 20% e aumento da temperatura média do ar em 4°C (cenário pessimista - A2).

Utilizando-se de planilha eletrônica elaborada por Medeiros (2013) foi elaborado o cálculo do Balanço Hídrico Médio Normal pelo método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1948; 1955). Para a Capacidade de Água Disponível (CAD) definida como o armazenamento máximo de água no solo adotou-se em todos os cenários o valor de referência de 100 mm.

Para determinar o fator erosividade foi utilizada a equação proposta por Wischmeier (1971); Wischmeier e Smith (1958; 1978) conforme a Equação.

$$EI_{30} = 67,355 \left(\frac{r^2}{P} \right) e^{0,85}$$

Em que:

EI_{30} - média mensal do índice de erosividade das chuvas ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$);

r - precipitação média mensal (mm);

p - precipitação média anual (mm).

O cálculo é o somatório dos valores mensais da erosividade, conforme a Equação.

$$R = \sum_1^{12} EI_{30}$$

Em que:

R - fator erosividade das chuvas ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$);

EI_{30} - média mensal do índice de erosividade das chuvas ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$).

Utilizando-se os registros pluviográficos obtidos na série de dados levantados em (Cabaceiras - PB), foram estabelecidas relações lineares entre a erosividade das chuvas dada pelo índice EI_{30} , e o coeficiente de chuvas R_c , dada pela Equação.

$$R_c = P_m^2 / P_a$$

Em que:

R_c - coeficiente de chuvas em mm;

P_m - precipitação pluvial média mensal, em mm;

P_a - precipitação pluvial média anual, em mm.

A classificação da erosividade das chuvas média mensal e anual foi realizada conforme metodologia de Santos (2008), com base nas classes para análise dos resultados de (R) de acordo com a Tabela 1. A partir da série histórica estudada foram obtidos o valor médio anual e as médias mensais do período, originando as médias dos meses para a região, conforme Amaral et al. (2014).

Tabela 1. Classes de erosividade e valores de erosividade.

Classes de erosividade	Valores de erosividade	
	$MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.mês^{-1}$	$MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$
Muito baixa	$R < 205$	$R < 2500$
Baixa	$205 < R < 500$	$2500 < R < 5000$
Média	$500 < R < 700$	$5000 < R < 7000$
Alta	$700 < R < 900$	$7000 < R < 9000$
Muito alta	$R > 900$	$R > 9000$

Resultados e discussão

Na observa-se a distribuição anual da precipitação da área de estudo. Observa-se a tendência de redução na precipitação anual, destacando-se a alta variabilidade na distribuição anual, característica própria do clima semiárido, predominante no nordeste do Brasil (Figura 1).

As duas principais reduções na precipitação histórica anual ocorreram no período de 1935 a 1962 atingindo uma média pluviométrica de aproximadamente 0,0 mm.ano-1, e o segundo período de redução pluvial ocorreu nos anos de 1965 a 2000. Estes fatos foram decorrentes dos episódios El Niño, estando de acordo com Lacerda et al. (2010) que verificaram uma redução na precipitação ao longo do ano, portanto resultado similar encontrado nesse trabalho.

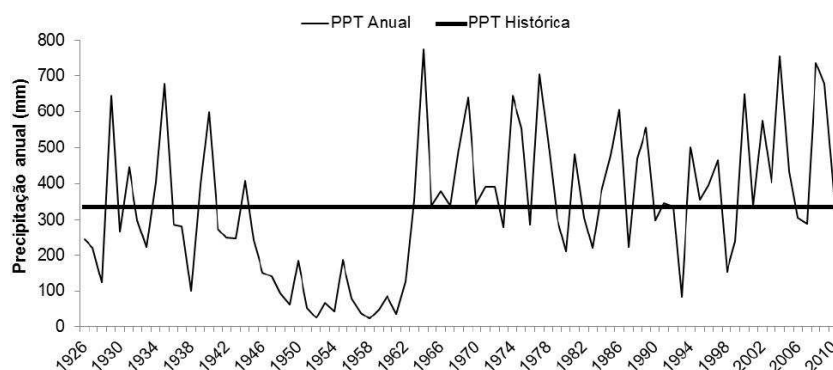


Figura 1. Distribuição média anual e histórica da precipitação pluviométrica (mm).

Observa-se que a tendência de redução seria superior à diminuição da precipitação dos cenários futuros B2 e A2 conforme Tabela 2 e Figura 2. As variabilidades dos índices de precipitações médios e com reduções de 10% e 20%, seguidamente da variabilidade da temperatura média e de suas respectivas variações para aumentos de 1 °C e 4 °C.

No cenário A2 observa-se um aumento da temperatura, o que poderia proporcionar maiores deficiências hídricas, ocasionando estresse nas culturas, conseqüentemente comprometendo as produções futuras. De acordo com Cerri et al. (2007), o Brasil, localizado quase inteiramente na zona tropical, não é uma exceção a esta regra e, portanto, é suscetível a uma redução na produção agrícola e na pecuária.

Tabela 2. Precipitação (PPT, mm) e Temperatura (Temp, °C) média normal, cenário B2 e cenário A2.

Meses	Média		B2		A2	
	PPT	Temp.	PPT	Temp.	PPT	Temp.
	Normal		-10%	+1°C	-20%	+4°C
Jan	23,0	24,3	20,7	25,3	18,4	28,3
Fev	39,2	24,3	35,3	25,3	31,4	28,3
Mar	59,8	25,3	53,9	26,3	47,9	29,3
Abr	60,2	25,6	54,1	26,6	48,1	29,6
Mai	42,3	25,6	38,1	26,6	33,9	29,6
Jun	43,5	25,0	39,2	26,0	34,8	29,0
Jul	36,8	25,3	33,1	26,3	29,5	29,3
Ago	14,9	26,5	13,4	27,5	11,9	30,5
Set	5,20	28,3	4,70	29,3	4,20	32,3
Out	3,40	28,0	3,10	29,0	2,70	32,0
Nov	3,80	25,5	3,40	26,5	3,00	29,5
Dez	9,30	24,5	8,40	25,5	7,50	28,5

Na Figura 2, observa-se a distribuição média mensal da temperatura histórica, temperatura com mais 1°C e com mais 4°C e suas respectivas precipitações históricas, com reduções de 10% e 20%. Observa-se que a temperatura média anual foi de 25,7 °C, com variações entre 24,3 °C a 28,3 °C.

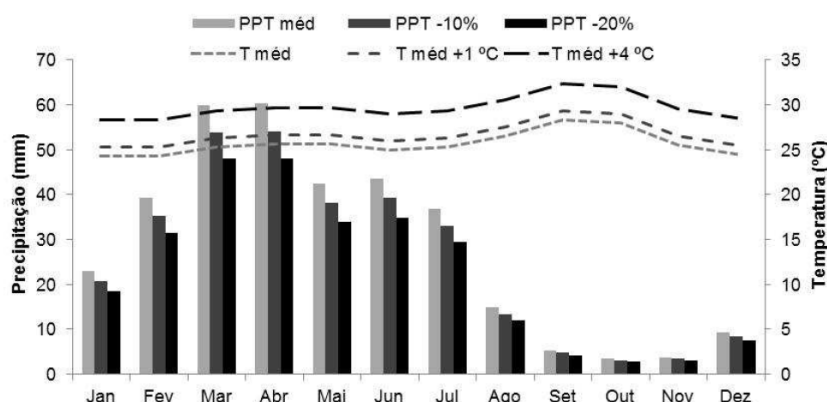


Figura 2. Comportamento da precipitação com média, redução de 10% e 20%, e da temperatura com média, acréscimo de 1°C e 4°C.

A média anual histórica para os 86 anos de observações foi de 336,6mm com variabilidade nos totais anuais, sendo os meses de março a junho o quadrimestre mais chuvoso (Tabela 3). O mês de abril destacou-se devido a fatores meteorológicos atuantes na região semiárida paraibana e que em alguns anos para provocando a erosão dos solos, induzidas pela presença do fenômeno de larga escala La Niña (Medeiros, 2013).

Nos meses de fevereiro a julho ocorreram os maiores índices pluviométricos, correspondendo a 83,72% dos índices precipitados, os menores índices estão centrados nos meses de setembro a novembro que corresponderam a 5,32% do total da precipitação ocorrida (Figura 2).

Os valores calculados de erosividade e do fator R encontram-se na Tabela 3, a qual evidencia a variação das médias mensais históricas da precipitação e das avaliações do índice EI30, coeficiente de chuvas e do fator R.

TABELA 3. Precipitação média mensal e anual, coeficiente de chuvas, Índice de erosividade e Fator R.

Meses	Precipitação	Rc	EI ₃₀	R
Jan	23,0	3,8	98,6	
Fev	39,2	8,9	245,1	
Mar	59,8	18,2	502,6	
Abr	60,2	15,9	507,1	
Mai	42,3	8,4	278,8	
Jun	43,5	8,4	292,3	
Jul	36,8	5,9	220,2	11.701,1
Ago	14,9	1,3	47,2	
Set	5,2	0,2	8,0	
Out	3,4	0,4	3,9	
Nov	3,8	0,3	4,5	
Dez	9,3	1,8	21,3	
Anual	336,6	73,7	9.471,5	

Nas avaliações dos valores de erosividade observou-se o valor máximo em março e abril. Os meses de setembro a novembro são os que apresentaram os menores índices de erosividade. Valores de máxima e mínima erosividade no período estão relacionados às maiores e menores precipitações. Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida et al. (2012), estudando erosividade da chuva em municípios do Mato Grosso que verificaram nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro foram os que apresentaram maior frequência como os mais erosivos do ano. Observa-se que mesmo em regiões diferentes a erosividade dos solos tende a aumentar com as precipitações mais intensas. O fator R da área em estudo foi de 11701,1 MJ.mm.h⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, sendo classificado como muito alta a concentração de erosividade conforme Wischmeier (1971) e Wischmeier e Smith (1958; 1978).

Silva et al. (2010) estudando o índice de erosividade (EI₃₀) das chuvas para a bacia experimental do riacho Mimoso, no semiárido pernambucano, encontraram erosividade referente ao ano de 2010 de 10152.313 MJ.mm.h⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Resultado este semelhante ao observado no presente trabalho.

Schick et al. (2014) estudando o índice de erosividade das chuvas para uma precipitação pluvial média anual de 1.556mm, encontrou uma média de 5.033 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, mesmo o índice pluviométrico sendo alto comparado ao índice deste trabalho, a erosividade é muito baixa quando confrontado com os resultados deste trabalho.

As variações da erosividade no Brasil ocorrem entre 1.672 e 22.452 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, estas oscilações advêm devido a grande extensão territorial e da variabilidade dos tipos climáticos do país (Oliveira et al., 2012). Os índices de erosividade apresentados na Figura 3, basicamente seguem a distribuição da precipitação, o que concorda com o princípio proposto por Lemos e Bahia (1992).

O fator erosividade das chuvas (R) médio mensal foi de 185,8 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.mês⁻¹ sendo classificado como muito baixa, enquanto que a erosividade média anual é de 11.701,1 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ considerada muito alta. Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Amaral et al. (2014).

Observam-se na Figura 3 os dados referentes à distribuição da precipitação média histórica e da erosividade para o município. Verifica-se que a precipitação foi intensa nos meses de março a abril, (período chuvoso) e escassa nos meses de maio a dezembro (seca). Ocorrendo o mesmo com a erosividade, sendo esta bastante variável. Os índices estudados basicamente seguem o critério da precipitação com os seus valores de altos e baixos índices, comprovando deste modo o que foi proposto por Lemos e Bahia (1992).

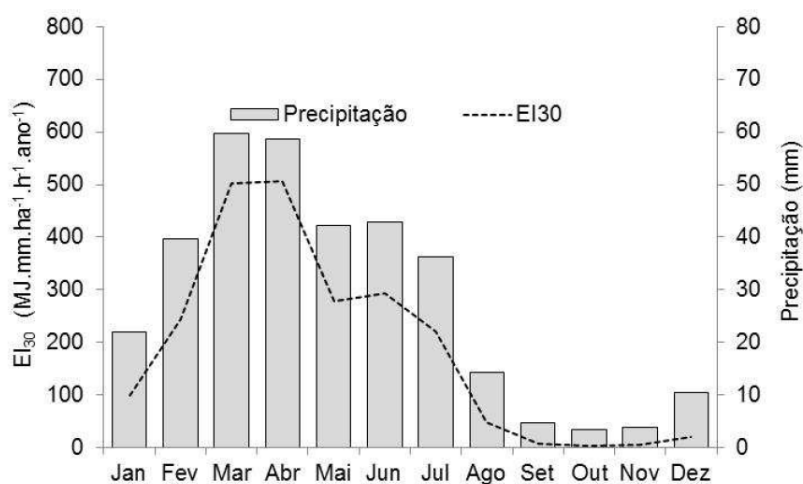


Figura 3. Precipitação média mensal histórica e erosividade média mensal no período de 1926 a 2010.

Em relação à precipitação, os resultados indicam que poderá ocorrer redução na região tropical e subtropical e aumento na média em regiões de latitudes mais elevadas. As médias

históricas, mesmo em épocas de períodos chuvosos, oscilaram dentro e abaixo da normalidade. A variabilidade espaço temporal é influenciada pelos sistemas meteorológicos atuantes da época, a tendência é que persistam índices pluviométricos abaixo da climatologia nos cenários futuros B2 e A2.

Santana et al. (2007) observaram, em estudos na região semiárida de Minas Gerais, que a variabilidade do período chuvoso depende única e exclusivamente dos fatores provocadores de chuva. A distribuição dos pontos obtidos da relação linear entre o índice EI₃₀ e o coeficiente de chuvas (Rc) encontra-se na Figura 4. Observa-se que o coeficiente de determinação e a correlação de Pearson são significativamente altos e correspondendo a 0,97 e 0,99, respectivamente.

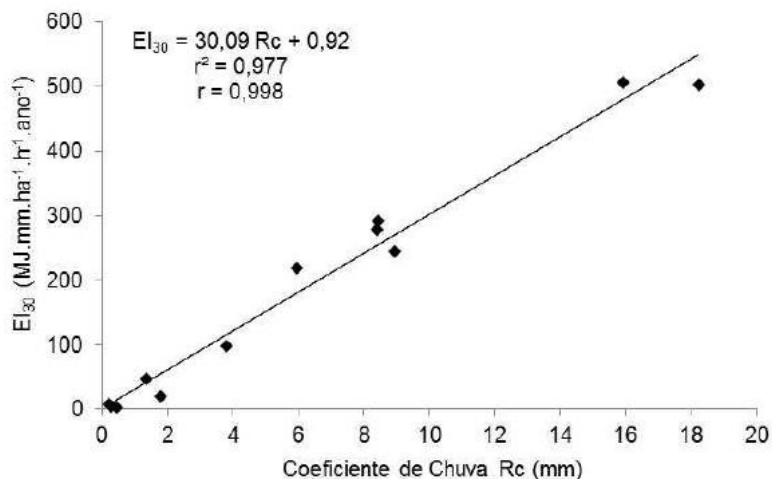


Figura 4. Regressão linear entre o índice de erosividade EI₃₀ médio mensal e o coeficiente de chuva Rc.

Observa-se que os resultados estão em concordância com os obtidos por vários pesquisadores, com correlações significativas entre o índice de erosividade EI₃₀ e o coeficiente de chuva Rc, entre os quais estão os de resultados obtidos por Rufino et al. (1993), que observaram relação linear para oito regiões do Estado do Paraná, com coeficiente de correlação variando de $r = 0,84^*$ a $r = 0,93^*$. Peñalva-Bazzano et al. (2007) encontraram correlação linear significativa ($EI_{30} = -47,35 + 82,72 Rc$) em Quaraí, RS, e Cassol et al. (2008) que também encontraram correlação linear significativa para São Borja, RS ($EI_{30} = 99,646 + 63,874 Rc$).

Medeiros et al. (2012) encontraram o fator (R) para o município de Areia - PB de 31.528,8 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ e estabeleceram que os maiores índices de erosividade ocorreram nos meses de março a agosto, que coincidem com o período chuvoso e a capacidade de campo em valores máximos, com restos de cultivos. Os meses de setembro até a primeira quinzena do mês de fevereiro ocorreram os menores índices de erosividade, o que corresponde ao período seco e início das chuvas de pré-estação.

Na Figura 5 observa-se o balanço hídrico climatológico com a média normal climatológica da temperatura do ar e da precipitação. Observa-se que não ocorre excedente para condição normal, e a deficiência hídrica ocorre em todos os meses, com oscilação entre 56,9 a 166,9 mm.mês⁻¹, sendo os meses de setembro e outubro com as maiores deficiências.

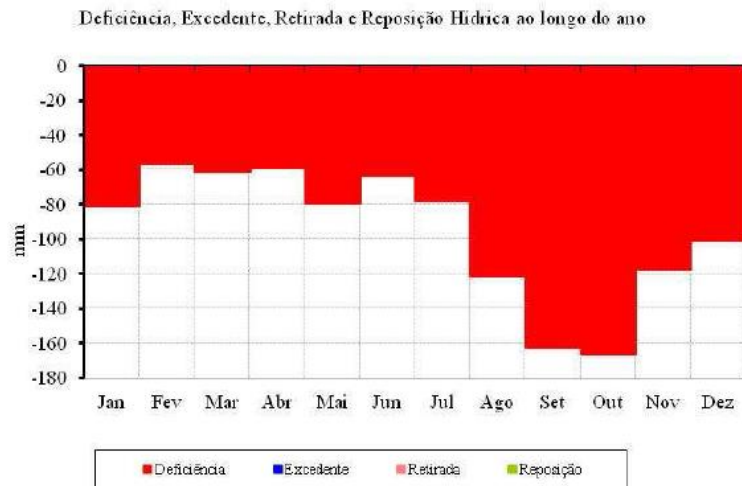


Figura 5. Balanço hídrico climatológico com a média normal climatológica da temperatura do ar e da precipitação.

Para os produtores rurais do município de Cabaceira, PB, o balanço hídrico é fundamental para o estabelecimento de estratégias que visem minimizar perdas e aumentar a produção agropecuária. No aspecto geral, a irrigação é uma forma artificial de suprir as necessidades hídricas das culturas do setor agropecuário, possibilitando o desenvolvimento de plantas e animais e de forma otimizada (Barreto et al., 2003). Em regiões áridas e semiáridas, como é o caso da cidade de Cabaceiras, salienta-se que é de extrema necessidade o uso de água de poços tubulares, cacimbão e de outras fontes de armazenamento para a sobrevivência humana, animal e vegetal, contribuindo deste modo ao setor agropecuária dessas regiões.

Carvalho e Stipp (2004) utilizaram o balanço hídrico como uma proposta de classificação qualitativa para os índices pluviométricos e a variabilidade da temperatura, com os dados do balanço hídrico determinaram-se os períodos mais críticos de deficiência hídrica no solo. Os balanços hídricos climatológico com reduções de 10% e 20% médio mensal para os diferentes cenários propostos podem ser observados nas Figuras 6 e 7. O balanço hídrico para o cenário B2 (Figura 7) evidencia que as deficiências predominam em todos os meses com maior amplitude entre agosto a novembro.

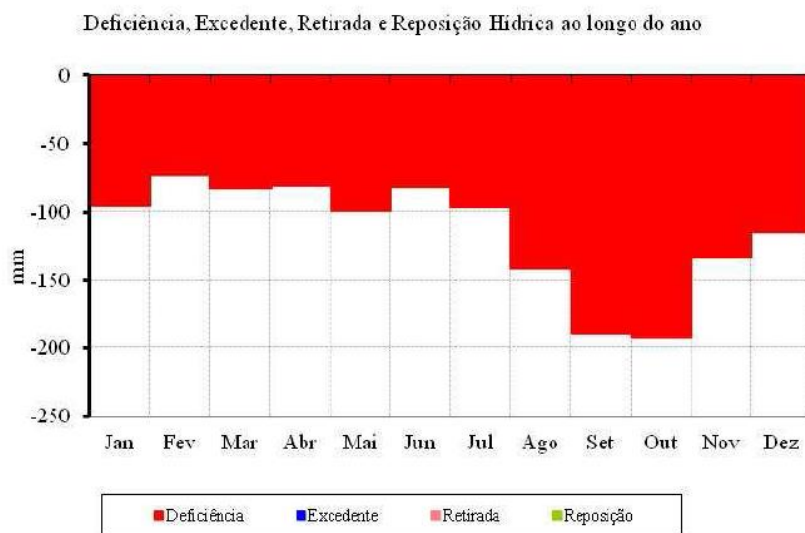


Figura 6. Balanço hídrico simulado com o cenário B2 conforme IPCC-AR4.

Para o cenário A2, o balanço hídrico evidencia que não ocorreram excedentes e as deficiências hídricas evoluíram com variações entre todos os meses, sendo as maiores amplitudes para os meses de setembro e outubro (Figura 7).

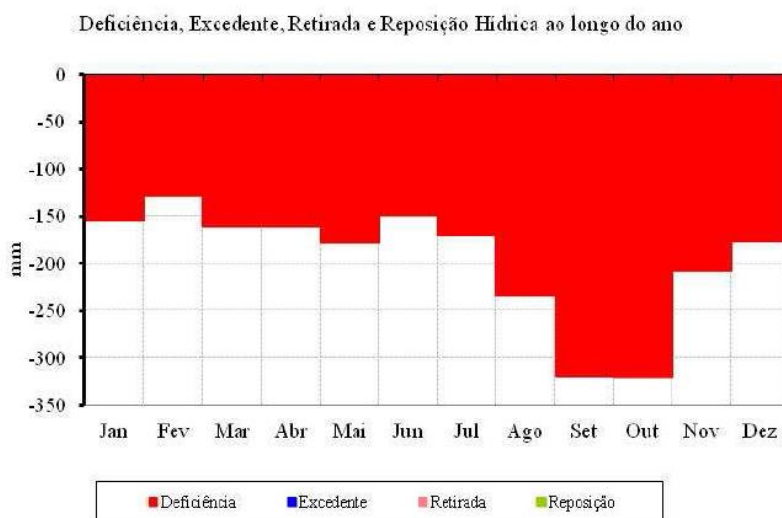


Figura 7. Balanço Hídrico simulado com o cenário A2 conforme IPCC-AR4.

Folhes et al. (2006) apresentaram os valores médios e extremos de temperatura do ar e precipitação, o que estabeleceu uma possível caracterização do início e do fim da estação chuvosa nesta região, bem como procedeu a uma avaliação da série temporal dos elementos climáticos a fim de subsidiar as questões sobre mudanças climáticas na região. Os elementos meteorológicos para o cenário normal, B2 e A2 (Tabela 4), demonstram que ocorreram mudanças bruscas e que deverão adotar estratégias no futuro em relação ao plantio.

Tabela 4. Balanço hídrico para os cenários Normal, B2 e A2, conforme IPCC-AR4.

Mês	Normal				B2				A2			
	ETP	ETR	DEF	EXC	ETP	ETR	DEF	EXC	ETP	ETR	DEF	EXC
Jan	103,8	23,0	80,9	0,0	116,0	20,7	95,3	0,0	173,0	18,4	154,6	0,0
Fev	96,1	39,2	56,9	0,0	107,4	35,3	72,1	0,0	160,1	31,4	128,7	0,0
Mar	120,7	59,8	60,9	0,0	135,9	53,9	82,0	0,0	208,5	47,9	160,7	0,0
Abr	119,6	60,2	59,4	0,0	134,9	54,1	80,8	0,0	208,8	48,1	160,7	0,0
Mai	121,6	42,3	79,3	0,0	137,1	38,1	99,1	0,0	212,3	33,9	178,4	0,0
Jun	107,1	43,5	63,6	0,0	120,3	39,2	81,1	0,0	183,0	34,8	148,2	0,0
Jul	115,1	36,8	78,2	0,0	129,5	33,1	96,4	0,0	198,8	29,5	169,3	0,0
Ago	136,3	14,9	121,4	0,0	154,8	13,4	141,4	0,0	245,6	11,9	233,7	0,0
Set	168,2	5,2	163,0	0,0	193,5	4,7	188,8	0,0	322,8	4,2	318,6	0,0
Out	170,4	3,4	166,9	0,0	195,6	3,1	192,5	0,0	323,7	2,7	320,9	0,0
Nov	121,2	3,8	117,4	0,0	136,6	3,4	133,2	0,0	210,8	3,0	207,8	0,0
Dez	110,2	9,3	100,9	0,0	123,3	8,4	114,9	0,0	184,9	7,5	177,4	0,0

ETP – Evapotranspiração potencial; EVR – Evapotranspiração Real; DEF – Deficiência hídrica; EXC – Excedente hídrico em mm.mês⁻¹.

Liberato e Brito (2010) estudaram a influência de mudanças climáticas no balanço hídrico da Amazônia ocidental, de acordo com os cenários do IPCC, observaram que o aumento de temperatura previsto nos cenários do IPCC é capaz de aumentar a evapotranspiração real produzindo uma redução da umidade do solo e uma diminuição do escoamento superficial e sub superficial. Estes resultados estão de acordo com os obtidos no presente estudo mesmo sendo em regiões diferentes do país.

Conclusões

Os cenários otimistas (B2) e pessimista (A2) indicam situações críticas das condições do solo que ocasionarão grandes mudanças nos recursos hídricos e cultivos sequeiros.

Os índices pluviométricos para o cenário A2 não são suficientes para vários tipos de culturas, sendo assim inviável para este município o desenvolvimento de práticas agrícolas de sequeiro. Diante deste cenário pessimista, fica crítica a condição para o armazenamento de água das chuvas para o consumo humano e animal, sendo necessário planejamento futuro para construções de cisternas e outros similares para a realização de armazenamento de água e minimização dos impactos.

O município de Cabaceiras é classificado como sendo de muito alta erosividade anual. Assim, deve-se realizar planejamento prévio de terrenos para implantações de pomares e de projetos agrícolas, para que não ocorra o deslocamento de terra, monitoramento das mudanças que ocorrem no solo, principalmente em regiões de encosta levando em consideração as curvas de níveis do terreno.

Os índices pluviométricos para os cenários B2 e A2 poderão acarretar mais incidências erosivas visto que se esperam chuvas fortes com grandes magnitudes e em curto intervalo de tempo.

A ação predatória do homem sobre os ecossistemas a curto e médio prazo conduzem o ambiente a um processo de instabilidade irreversível, modificando todo o ciclo biológico, social e cultural de determinadas regiões afetando diretamente a geração presente e principalmente as futuras, é por isso que providências precisam ser tomadas a fim de que as gerações futuras possam ter os recursos necessários a uma vida socialmente justa.

Os resultados estão de acordo com Mehl et al. (2001), onde a distribuição das chuvas concentradas no padrão avançado tende a gerar menores perdas de solo pelo fato de que, no momento do pico da chuva, o solo estaria menos úmido que no caso dos outros padrões; desta forma, a desagregação, o selamento e o transporte de solo seriam menores.

A evapotranspiração potencial é em torno de quatro vezes maior do que os índices pluviométricos ocorridos. Sendo assim é de extrema importância para o setor produtivo agrícola e pecuarista, o uso de formas alternativas de captação e armazenamento de água, para suprir de maneira sustentável as necessidades de água das produções.

O déficit hídrico ocorre ao longo ano, pressionando a criação de opções para solucionar problemas de abastecimento dessa região em que as chuvas são bastantes irregulares.

VARIAÇÕES DO BALANÇO HÍDRICO NAS ÚLTIMAS TRÊS DÉCADAS

Raimundo Mainar de Medeiros
JoséIVALDO BARBOSA DE BRITO

Introdução

Os impactos climáticos ocorridos nos últimos 60 anos na estrutura agrária do território brasileiro, provavelmente, trouxeram impactos ambientais que certamente promoveram mudanças de comportamento da camada inferior da atmosfera, afetando diretamente o regime hídrico das precipitações pluviais e da disponibilidade de água no solo.

Em nosso país, as maiores dificuldades para a análise das variáveis do clima se referem ao curto segmento temporal das séries históricas, às falhas e inconsistências dos dados meteorológicos.

Assim, a tarefa de explicação das alterações dos elementos do clima, fica obviamente prejudicada, pois, a partir da análise de dados das séries temporais, que não são suficientemente longas, fica muito difícil separar as oscilações climáticas naturais daquelas decorrentes dos processos antropogênicos de acordo com Tarifa (1994).

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. O balanço hídrico como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos conforme Lima (2009).

O BH é uma primeira avaliação de uma região, que se determina a contabilização de água de uma determinada camada do solo onde se define os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) de um determinado local (Reichardt, 1990) assim, identificando as áreas onde as culturas e a indústria pode ser explorada com maior eficácia (Barreto et al, 2009).

Dada à importância de se verificar o comportamento sazonal dos períodos de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica, esse artigo desenvolvido para o município de Lagoa Seca tem o intuito de comparar o comportamento do balanço hídrico ao longo das décadas de 1981 a 1990; 1991 a 2000 e de 2001 a 2010 subsidiando o conhecimento sobre o comportamento hidro climatológico da área estudada.

O balanço hídrico consiste em contabilizar a disponibilidade hídrica do solo computando os fluxos positivos e negativos, estes que decorrem de trocas com a atmosfera (precipitação, condensação, evaporação e transpiração) e do próprio movimento superficial e subterrâneo da água (Varejão-Silva, 2005).

Uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo é através do balanço hídrico climatológico desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1948; 1955).

O balanço hídrico representa a taxa de variação da quantidade de água em uma porção definida de solo sobre um determinado período de tempo, indicando a capacidade de retenção de água por período em função de alguns parâmetros, tais como o tipo de solo, temperatura, índice pluviométrico. Para efeitos de balanço é necessário definir grandezas como positivas e negativas, respectivamente o volume de água que entra no solo e o volume que sai.

Considerando uma determinada região, e supondo que nela há uma reserva natural de água no solo, a forma natural pela qual a água chega a este solo é através da chuva definida como uma grandeza positiva, entretanto o solo tem uma capacidade máxima de retenção desta

água que naturalmente fará com que este excesso seja escoado gerando uma grandeza negativa até atingir a máxima capacidade de retenção deste solo. A água pode deixar este volume de solo através da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial gerando uma grandeza negativa, assim o balanço hídrico considerando o excedente já escoado do solo é dado pela soma algébrica de todas as grandezas presentes.

Analisando o balanço hídrico é possível estimar a evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF) ou o excedente hídrico (EXC), como também o armazenamento de água no solo (ARM), elaborados conforme escala diária até mensal segundo os autores Camargo (1971) e Pereira et al., (1997).

Frequentemente o balanço hídrico climatológico é mais apresentado na escala mensal e para um ano médio, ou seja, o balanço hídrico cíclico, elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura média e da precipitação do local. De acordo com Camargo e Camargo (1993), o balanço hídrico climatológico é um instrumento agrometeorológico útil e prático para caracterizar o fator umidade do clima e quantificando as necessidades de irrigação, e criando regras para diferentes culturas, definindo a aptidão agrícola da região estudada, ou seja, qual ou quais culturas irão ser mais produtivas e em que período. É importante conhecer a distribuição de chuvas em uma região, pois o balanço hídrico do ponto de vista agrônomo oferece um planejamento agrícola racional.

Uso do balanço hídrico como estratégia de planejamento.

A importância do balanço hídrico se faz necessário para viabilidade econômica da plantação dos grãos e dos hortifrutigranjeiros e o controle das épocas de semeaduras, o balanço hídrico de um local é uma estratégia de planejamento e para o desenvolvimento de programas, principalmente com enfoque na sustentabilidade.

O balanço hídrico permite estabelecer o período chuvoso e o trimestre mais chuvoso, onde os agricultores irão realizar seu planejamento para aproveitar as chuvas e realizar o seu plantio de sequeiro, auxiliando deste modo a redução de gasto de água do lençol freático e dos reservatórios.

Neste contexto, o balanço hídrico tem várias aplicações, a sua elaboração é o primeiro passo para o planejamento do solo e clima de uma região, de acordo com o tipo de irrigação definida e avaliação dos níveis de redução de evapotranspiração da cultura escolhida. Outro modelo é a irrigação com déficit hídrico monitorado. Neste modelo, é desenvolvido um estudo do controle da irrigação que propiciará redução da evapotranspiração potencial da cultura, ou seja, a cultura será conduzida, através de monitoramento do balanço hídrico diário, cruzado com balanço de água no solo, a se desenvolver com déficit hídrico controlado de modo a economizar água e energia, garantindo altos níveis de produtividade. Outro exemplo para o balanço hídrico é o manejo da irrigação, uma técnica muito importante, para economia e ambiente numa atividade hortifrutigranjeira, pois através de um manejo adequado da irrigação, pode-se economizar energia, água, monitorar o aumento da produtividade da cultura consequentemente melhorar a qualidade do produto.

O balanço sobre o déficit de água ou o aumento, pode reduzir a produção e/ou a qualidade do produto, enquanto que o excesso de irrigação, além das perdas de água e energia, pode contribuir para a lixiviação dos nutrientes e agroquímicos para as camadas inferiores do solo ou até mesmo atingindo o lençol freático. Em regiões áridas e semiáridas, o uso inadequado da irrigação pode levar também à salinização do solo. Por outro lado, através do planejamento e manejo adequado, podemos determinar a quantidade de água de uma cultura, isso implica em estudos de levantamentos de solos, clima e fatores culturais.

Os modelos agrometeorológicos e a interpretação de dados climáticos relacionados com o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas fornecem informações que permitem ao setor agrícola tomar importantes decisões, tais como: melhor planejamento do uso

do solo, adaptação de culturas, monitoramento e previsão de safras, controle de pragas e doenças estratégias de pesquisa e planejamento conforme Lazinski (1993).

A proeminência da estimativa do balanço hídrico nas últimas três décadas para o município de Lagoa Seca está pautada na importância que a água tem para o seu armazenamento, a sobrevivência humana, a hortifrutigranjeiro e ao laser, visto que estudo neste sentido nunca foram desenvolvidos visando planejamentos de irrigações, reduções nos consumos de energia e água além de redução de tempo de bombeamento de água.

Materiais e métodos

Para análise do balanço hídrico (BH) foi utilizado um programa em planilhas eletrônicas. São utilizados dados de precipitação mensal e de temperatura do ar média mensal das décadas de 1981-1990, 1991-2000 e 2001-2010. Os dados de precipitação foram obtidos junto a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA), e os de temperatura através da utilização de um software "Estima-T", desenvolvido pelo Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Também foi utilizada a capacidade de armazenamento de campo (CAD) de 100 mm. O método utilizado para o cálculo do balanço hídrico climático foi o de Thornthwaite e Mather (1955). Para tal, utilizaram-se planilhas eletrônicas conforme Medeiros (2013). Obtiveram-se os valores normais de evaporação real e evapotranspiração potencial além dos valores de excedente e deficiência hídrica.

Resultados e discussão

Os resultados do balanço hídrico no município de Cabaceiras para as décadas de 1981-1990, 1991 - 2000, 2001 - 2010 são apresentados na Tabela 1, em que são analisados os déficits e excedentes hídricos do município. Para as décadas estudadas, não há excedente hídrico, já os meses com os maiores déficits hídricos são os meses de setembro a janeiro. Destaca-se a redução do déficit hídrico para o mês de janeiro da década de 2001-2010. Essa redução deve-se aos fatores transientes da precipitação na área de estudo.

Na análise dos déficits para as décadas estudadas, notamos que entre fevereiro e agosto, as irregularidades são bastante acentuadas, com destaque para o mês de junho de 2001 a 2010 onde o registro foi de 4,4 mm.

A variabilidade das deficiências hídricas e dos excedentes hídricos para as três décadas em estudo demonstrou que os valores são significativos e os seus índices variam conforme a atuação dos fatores meteorológicos que ocorreram na década, como por exemplo, a atuação dos fenômenos de larga escala El Niño e La Niña, auxiliados pela contribuição local que diretamente podem favorecer para as reduções ou elevações destes índices.

Tabela 1. Resultado do balanço hídrico para as três décadas no município de Cabaceiras

Décadas	1981-1990		1991-2000		2001-2010	
BALANÇO	DEFICIT (mm)	EXCEDENTE (mm)	DEFICIT (mm)	EXCEDENTE (mm)	DEFICIT (mm)	EXCEDENTE (mm)
jan	108,3	0,0	97,7	0,0	66,6	0,0
fev	60,0	0,0	73,9	0,0	45,7	0,0
mar	27,9	0,0	52,2	0,0	36,8	0,0
abr	34,7	0,0	60,5	0,0	59,5	0,0
mai	65,1	0,0	64,0	0,0	41,5	0,0
jun	37,0	0,0	51,5	0,0	4,4	0,0
jul	32,2	0,0	30,8	0,0	49,5	0,0
ago	58,9	0,0	65,4	0,0	60,9	0,0

set	86,6	0,0	80,1	0,0	88,9	0,0
out	110,1	0,0	110,8	0,0	107,3	0,0
nov	115,4	0,0	111,9	0,0	118,8	0,0
dez	122,4	0,0	113,5	0,0	114,4	0,0

A pluviometria representa o atributo fundamental na análise dos climas tropicais, refletindo atuação das principais correntes da circulação atmosférica. Na área de estudo dentro do estado da Paraíba as chuvas determinam o regime dos rios perenes, córregos, riachos, níveis dos lagos e lagoas, ocupação do solo, sendo imprescindível o conhecimento da sua dinâmica ao planejamento de qualquer atividade.

A precipitação pluvial passa a ser a única fonte de suprimento de água. Por isso, ao escoar superficialmente a água é barrada em pequenos açudes e usada para o abastecimento e irrigação. Além disso, muitas vezes, uma pequena fração é captada e armazenada em cisternas para fins potáveis. No entanto, este elemento do clima é extremamente variável tanto em magnitude quanto em distribuição espacial e temporal para qualquer região e, em especial, no NEB (Almeida e Silva, 2004; Almeida e Pereira, 2007).

A Tabela 2 demonstra os valores da precipitação, da evapotranspiração potencial (ETP), e evaporação real (EVR) para as três décadas estudadas.

Observa-se a ocorrência de precipitação com irregularidade alta nas três décadas, nos meses de outubro a dezembro. A pluviometria é pouco significativa e as chuvas registradas nesses meses podem ultrapassar facilmente a climatologia. Nos meses de janeiro a agosto os índices pluviométricos são irregulares para a década de estudo.

Nas décadas de 80 e 90 as variações da ETP não aprestam variações bruscas, porém na década de 2000 a ETP superou os valores das décadas anteriores indicando uma maior disponibilidade hídrica no solo da região. O mesmo comportamento também é verificado com a EVR.

Tabela 2. Representações dos valores médios da precipitação climatológicas, evapotranspiração potencial e evaporação real para as três décadas estudadas – Cabaceiras.

Décadas	1981-1990			1991-2000			2001-2010		
MESES	CHUVA	ETP	EVR	CHUVA	ETP	EVR	CHUVA	ETP	EVR
jan	15,9	124,2	15,9	27,8	125,5	27,8	60,1	126,7	60,1
fev	52,2	112,1	52,2	39,4	113,3	39,4	68,3	114	68,3
mar	90,8	118,7	90,8	67,6	119,8	67,6	84,1	120,9	84,1
abr	73,3	107,9	73,3	49	109,5	49	50,8	110,3	50,8
mai	34	99,1	34	37,1	101,1	37,1	59,4	100,9	59,4
jun	46	83	46	32,8	84,3	32,8	80,2	84,6	80,2
jul	47,5	79,7	47,5	50,1	80,9	50,1	31,7	81,2	31,7
ago	24,6	83,6	24,6	18,7	84,1	18,7	24,2	85	24,2
set	6,7	93,4	6,7	13,1	93,2	13,1	5,7	94,6	5,7
out	1,4	111,5	1,4	0,9	111,8	0,9	6,1	113,4	6,1
nov	3	118,3	3	7,2	119,2	7,2	1,7	120,5	1,7
dez	6,6	129	6,6	15,9	129,4	15,9	17	131,4	17

O demonstrativo do Balanço Hídrico para as décadas de 1981-1990, 1991-2000 e 2001-2010 é ilustrado na Figura 1a, 1b e 1c, respectivamente. Em todos os meses das décadas estudadas, ocorreu deficiência hídrica. Isso demonstra que a precipitação na região de Cabaceiras não é suficiente para suprir a capacidade de campo.

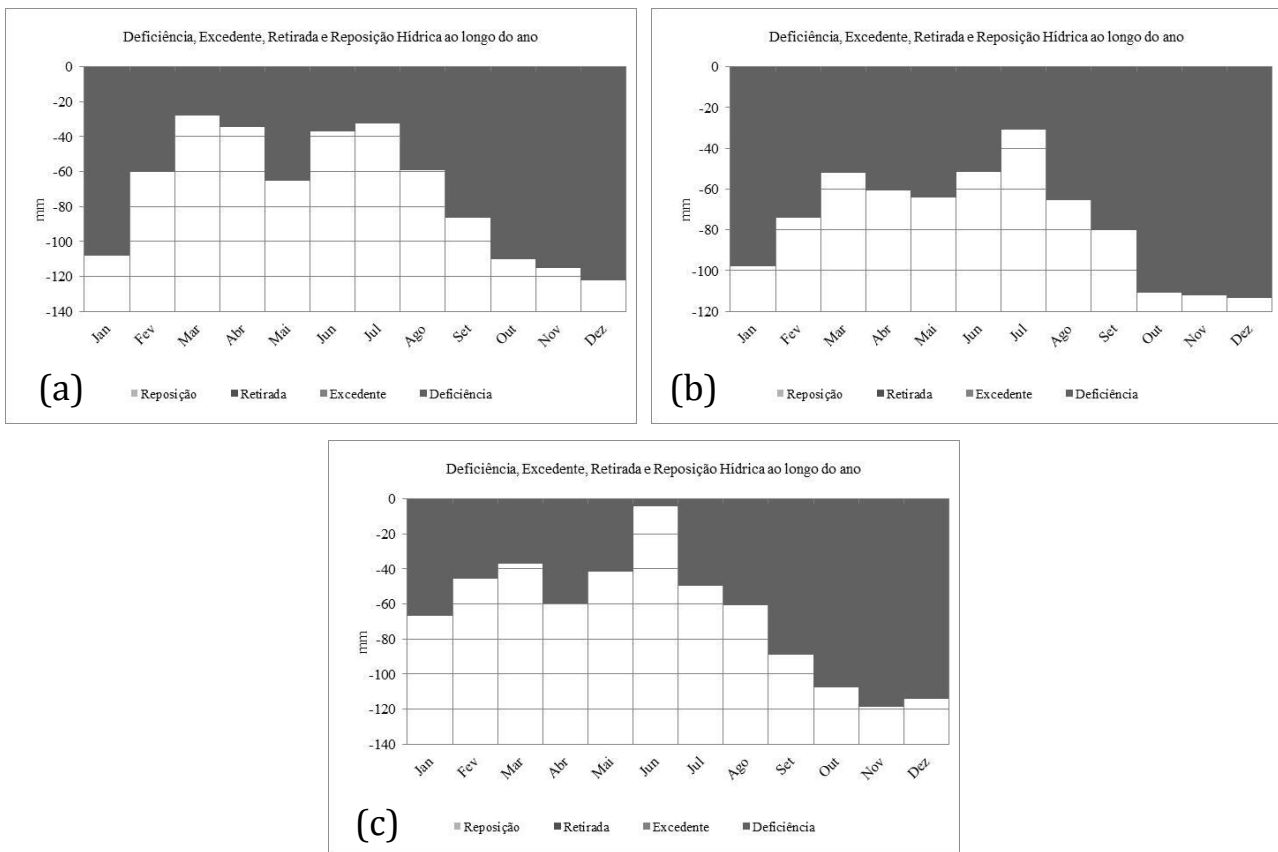


Figura 1. Balanço hídrico decenal do município de Cabaceiras para as décadas: (a) 1981-1990, (b) 1991-2000 e (c) 2001-2010.

Conclusões

Os impactos climáticos têm provocado modificações no balanço hídrico da região nas últimas décadas. O efeito local da ação do homem tem acelerado a degradação ambiental, contribuindo para a modificação do clima regional, afetando diretamente as condições do regime de pluviométrico e consequentemente a disponibilidade de água no solo.

As maiores deficiências hídricas ocorreram nos meses de outubro e janeiro para as três décadas estudadas.

Os valores dos balanços hídricos demonstram que não são favoráveis à manutenção da umidade no solo.

DIAGNÓSTICO E TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO

Raimundo Mainar de Medeiros
Manoel Francisco Gomes Filho

Introdução

Nos dias atuais é perceptível a importância das pesquisas que envolvem o estudo do clima na busca da construção de novos parâmetros de conhecimento e consequente aplicação nas diversas atividades humanas, agricultura, represamento de água, agropecuário, economia, comércio, lazer, que dependem dos dados e informações cada vez mais concisos sobre chuvas, secas, temporais e eventos extremos com informações de médio e longo prazo geradas com um alto grau de acerto, (Viana, 2010).

A análise de tendências em séries históricas de precipitações é importante para verificar a variabilidade climática interanual e decenal para que assim sejam identificados como as mudanças climáticas podem modular estes padrões temporais de variabilidade de acordo com Soriano (1997).

Medeiros (2012) realizou uma análise climatológica da precipitação no município de Cabaceiras-PB no período de 1930-2011, como contribuição a Agroindústria e constatou que os índices pluviômetros são essenciais a sustentabilidade agroindustrial.

Diversos autores avaliaram a tendência na precipitação observada no Nordeste brasileiro (NEB) durante o século XX. Haylock et al. (2006) fizeram uma análise da precipitação sobre a América do Sul e observaram uma tendência de aumento do total anual de chuva sobre o NEB. O estudo realizado por Santos e Britto (2007), utilizando índices de extremos climáticos e correlacionando-os com as anomalias da temperatura da superfície do mar ATSM, também demonstra tendência de aumento da precipitação total anual nos estados da Paraíba e Rio Grande de Norte. Ainda Santos e Brito (2009) mostraram tendências de aumento de precipitação para o estado do Ceará.

A distribuição da precipitação pluvial no nordeste brasileiro é bastante irregular no tempo e no espaço, além disso, as estações chuvosas ocorrem de forma diferenciada, em quantidade, duração e distribuição.

A regressão linear é um método para se estimar a condicional (valor esperado) de uma variável y , dados os valores de algumas outras variáveis x . A regressão, em geral, trata da questão de se estimar um valor condicional esperado. Em muitas situações, uma relação linear pode ser válida para sumarizar a associação entre as variáveis Y e X . Através da estatística descritiva, podemos ter características essenciais para a formação de histograma de frequências relativas de uma amostra de dados hidrológicos (Naghetini e Pinto, 2007).

Portanto, o objetivo deste estudo é apresentar uma distribuição espaço temporal histórica e tendência futura da precipitação pluvial do município de Cabaceiras-PB utilizando uma série histórica de 86 anos de dados compreendida entre o período de 1926 a 2011.

Materiais e métodos

O regime pluviométrico municipal possui uma distribuição irregular espacial e temporal, que é uma característica do Nordeste brasileiro, em função disto a sua sazonalidade de precipitação concentra quase todo o seu volume durante os cinco meses no período chuvoso (Silva, 2004).

Na metodologia foram utilizados dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais adquiridos do banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

(SUDENE) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) para o período de 1926 a 2010.

Os dados climatológicos médios mensais foram agrupados em 86 anos, caracterizando um período de normal climatológica onde se empregou do software Excel para extrair os valores das médias mensais e anuais da precipitação.

Para este estudo foram calculadas medidas de tendência central e de dispersão. Utilizando-se as medidas de tendência central e de dispersão podemos verificar analiticamente os parâmetros, e observar se as amostras são diferentes ou semelhantes. Utilizou-se do teste Mann-Kendall aplicada aos totais mensais da área de estudo.

Resultados e discussão

Na análise estatística utilizando o teste Mann-Kendall obteve o coeficiente de determinação (R^2) de 0,13, com pequena variação explicada da variável e demonstrando desta forma que este teste não tem significância para a área de estudo. Observa-se na Figura 1 uma grande variabilidade nas distribuições dos valores acima e abaixo da média, com tendência de aumento dos índices pluviométricos anuais.

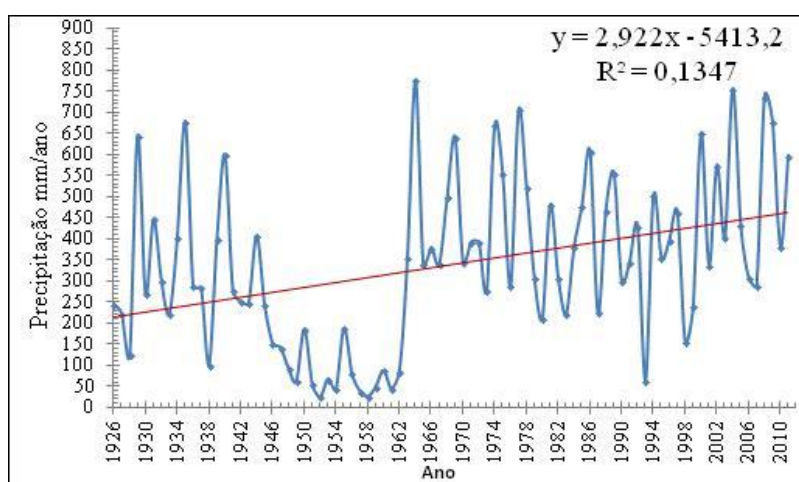


Figura 1. Teste Mann-Kendall do período de 1926-2011.

A distribuição dos valores pluviométricos da média anual, com base nos dados da série histórica de 1926 a 2011 registradas, apresentou variação acentuada da precipitação (Figura 2). Os maiores índices pluviométricos registrados no município para a série de 86 anos de dados observados ocorreram nos anos de 1964, 1974, 1977, 2004 e 2008 com os respectivos índices 775,5mm; 721,1 mm; 704,5 mm; 755,8 mm e 736,8 mm, e os menores índices pluviométricos registrados foram nos anos de 1952 (23,8 mm); 1954 (43,2 mm); 1957 (38,1 mm); 1958 (25,5 mm) e 1962 (25,9 mm). Estas variabilidades são decorrentes dos sistemas meteorológicos de grandes escalas atuantes nos referidos anos. Para o município de Cabaceiras não é observada tendência de longo prazo, apenas verifica-se variabilidade interdecenal, com décadas mais secas precedidas de décadas mais chuvosas e vice-versa.

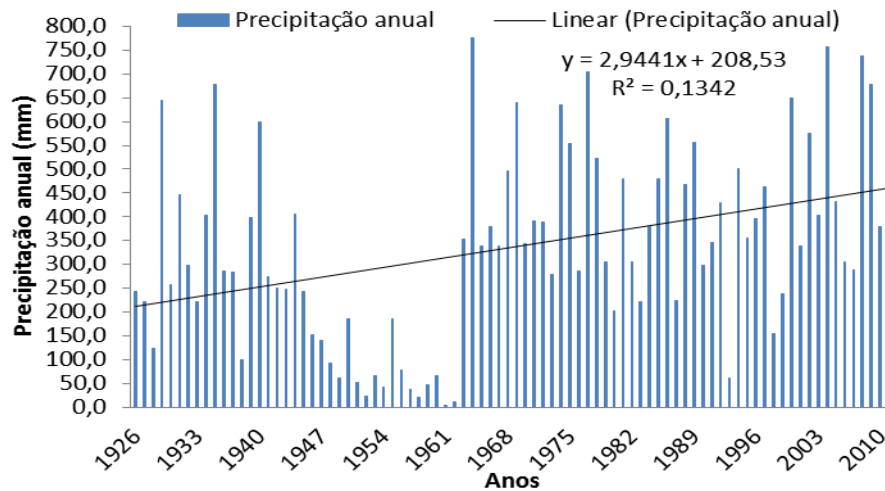
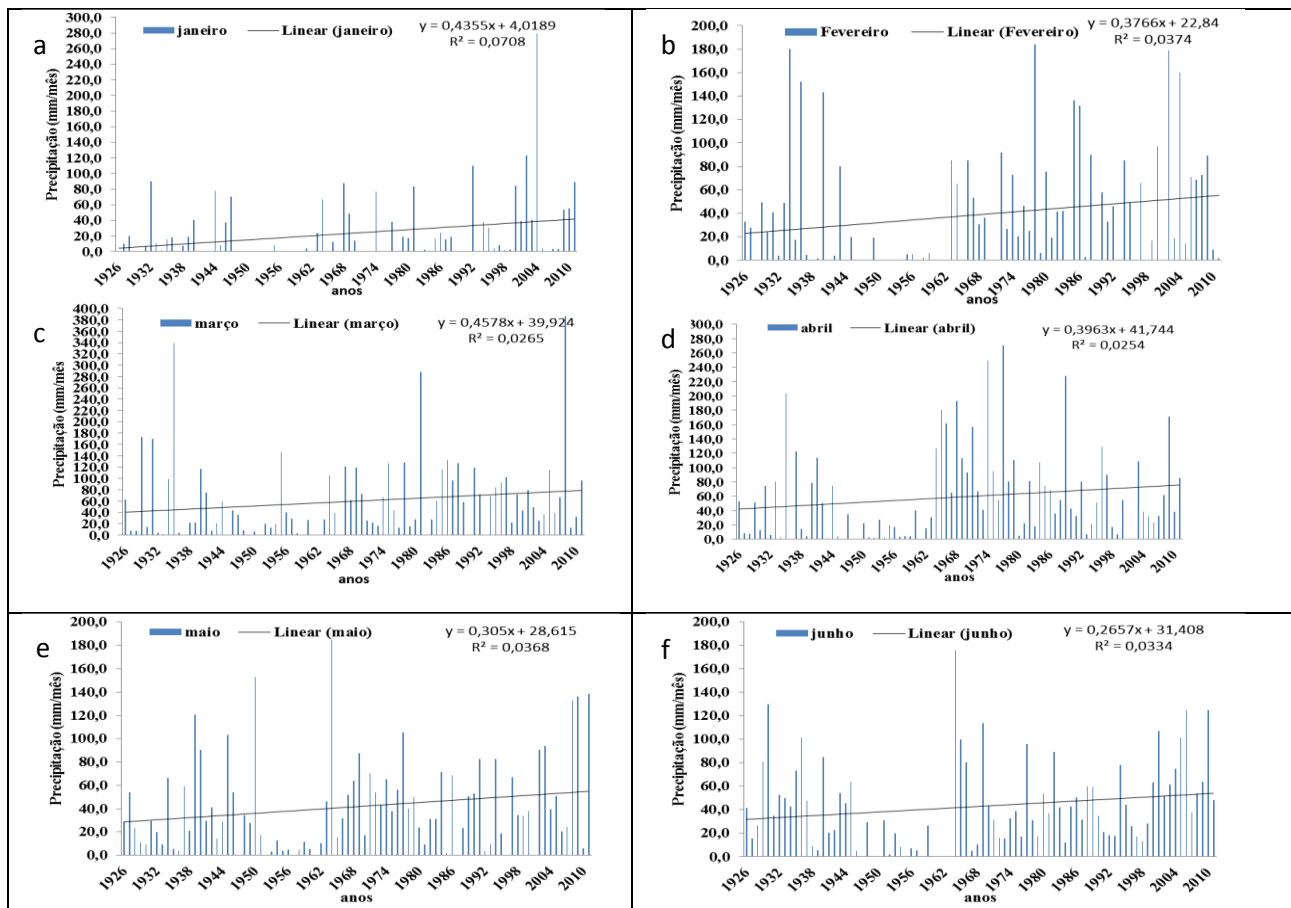


Figura 2. Distribuição espaço temporal e análise de regressão linear da precipitação pluvial do período de 1926 a 2011.

Verifica-se uma elevada variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial nos meses de janeiro a julho, (Figuras 3 - a, b, c, d, e, f). Os menores totais pluviométricos concentraram-se nos meses de agosto a dezembro. Os índices pluviométricos elevam-se a partir do mês de janeiro com as chuvas da pré-estação e prolonga-se até o mês de julho, tendo como quadrimestre mais chuvoso os meses de março a junho. Observa-se tendência negativa nos meses de outubro a novembro (Figuras 3 - j, l), sendo que o uso da média espacial dos totais pluviométricos pode ter suavizado as tendências.



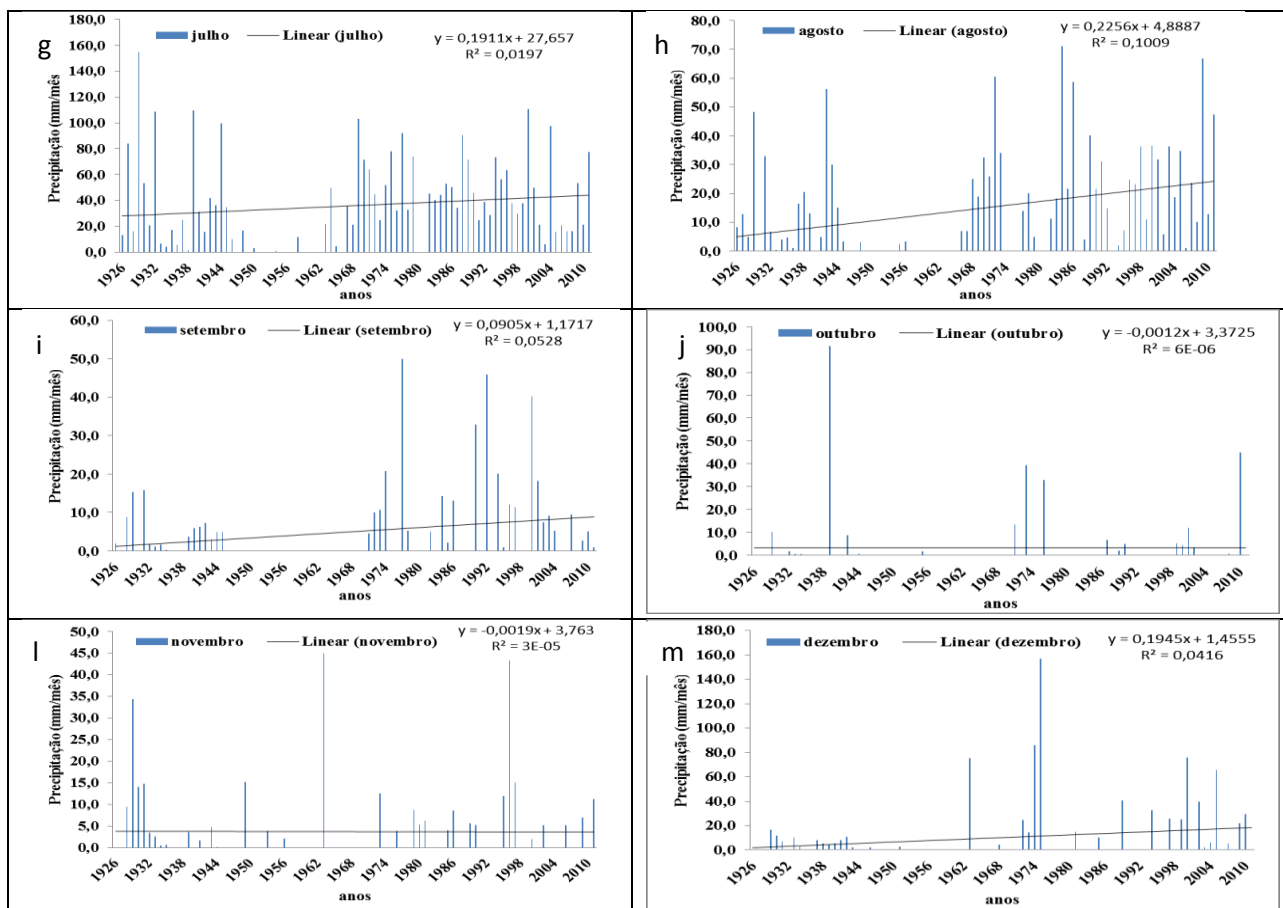


Figura 3. Distribuição espaço temporal da regressão linear das precipitações mensais de janeiro a dezembro no período de 1926 a 2011.

Na série de precipitação estudada tem-se que o regime de chuvas é muito complexo sendo bastante diversificado sazonalmente apresentando grande variabilidade interanual e interdecenal.

Tendência futura anual e mensal

Na Tabela 1 observa-se que os melhores coeficientes de determinação da regressão ($R^2=0,0708$ e $0,1009$) para os meses de janeiro e agosto e os piores coeficientes de determinação da regressão foram para os meses de outubro e novembro respectivamente ($R^2=6 \times 10^{-6}$ e 3×10^{-3}). Significando que quando o valor é maior, indica o grau de aproximação do modelo às médias, já quando o valor é menor indica o grau de distanciamento do modelo à média.

Tabela 1. Equação linear, coeficiente de determinação da regressão (R^2), média histórica mensal e total anual da precipitação do período de 1926 a 2011.

Mês	Equação linear	R^2	Média
Janeiro	$0,4355x + 4,0189$	0,0708	23,0
Fevereiro	$0,3766x + 22,840$	0,0374	39,2
Março	$0,4578x + 39,924$	0,0265	59,8
Abril	$0,3963x + 41,744$	0,0254	59,0
Mai	$0,3049x + 28,624$	0,0368	41,9
Junho	$0,2701x + 30,896$	0,0343	42,6
Julho	$0,1904x + 27,750$	0,0197	36,0
Agosto	$0,2256x + 4,8887$	0,1009	14,7
Setembro	$0,0905x + 0,0528$	0,0528	5,1

Outubro	$-0,0012x + 3,2725$	6×10^{-6}	3,3
Novembro	$-0,0045x + 4,1364$	3×10^{-5}	3,9
Dezembro	$0,1945x + 1,4555$	0,0416	10,9

Observa-se na Figura 4 que os meses de março e abril concentram-se os maiores índices mensais médios de precipitação, com valor médio do período de 118,8mm, correspondendo a 35,1% da precipitação anual. Os meses com os menores índices pluviométricos oscilam entre setembro a dezembro, que correspondem a 6,5% do total anual, mostrando-se ao longo do tempo, uma variabilidade espacial característica da região do NEB.

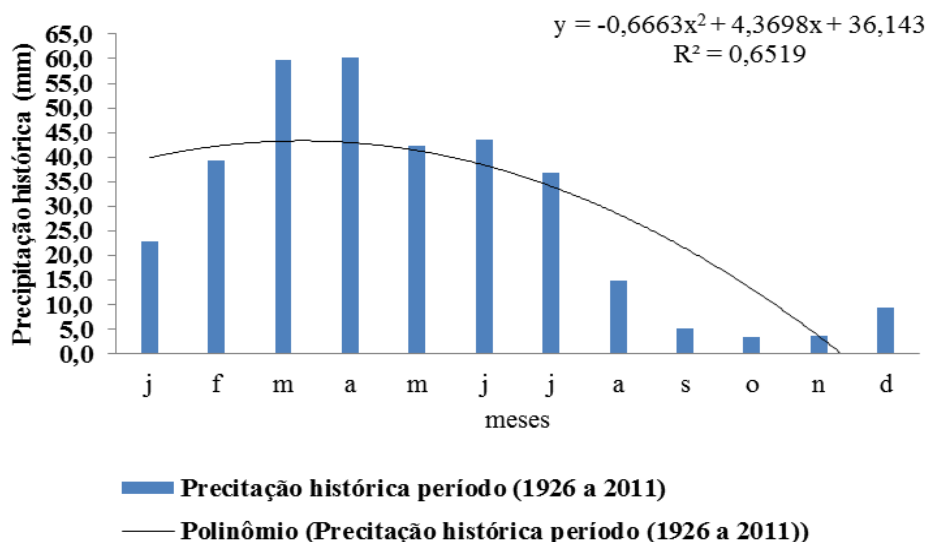


Figura 4. Histograma da média pluviométrica histórica e tendência polinomial para o período de 1926 a 2011.

Análise estatística

Na Tabela 2 verifica-se que os valores da média e da mediana foram desconexos, mostrando que houve a presença de valores extremos discordantes na amostra. O maior índice de chuva, ou seja, a máxima ocorre no mês de março (386 mm), já as mínimas ocorreram em todos os meses sendo registrados 0,0mm. Destaca-se que os valores máximos ocorridos em todos os meses tiveram uma variação maior que a média anual, indicando uma dispersão no índice pluviométrico.

No desvio padrão observa-se a influência dos menores desvios nos meses de setembro e novembro (9,9 e 8,4mm) sendo o mês de março o de maior desvio (70,2) mostrando a dispersão contundente dos dados. As variabilidades mensais na média indicam que esta medida de tendência central pode não ser o valor mais provável de ocorrer nesse tipo de distribuição.

É notável ainda, que as médias mensais superam os valores medianos. Visto assim, os modelos de distribuição de chuvas mensais são assimétricos, com coeficiente de assimetria positivo. Com isto, a mediana tem maior probabilidade de ocorrência do que a média, conforme resultados encontrados por Almeida e Pereira (2007).

Tabela 2. Medidas de tendência central e de dispersão de segundo a análise estatística dos dados históricos de 1931 a 2010

Meses	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Mediana (mm)	Variação (%)	Máxima (mm)	Mínima (mm)
Janeiro	23,0	40,9	4,2	1,78	279,2	0,0
Fevereiro	39,2	48,6	19,4	1,24	183,8	0,0

Março	59,8	70,2	37,6	1,17	386,0	0,0
Abril	59,0	62,3	39,4	1,04	271,2	0,0
Maio	41,9	39,7	31,1	0,94	184,8	0,0
Junho	42,6	36,4	36,0	0,84	176,0	0,0
Julho	36,0	33,9	29,2	0,92	154,8	0,0
Agosto	14,7	17,8	7,0	1,19	71,0	0,0
Setembro	5,1	9,9	0,0	1,90	50,0	0,0
Outubro	3,3	12,4	0,0	3,62	91,4	0,0
Novembro	3,9	8,4	0,0	2,23	45,0	0,0
Dezembro	10,0	23,0	0,0	2,46	157,0	0,0
Anual	338,1	200,7	230,9	0,60	775,5	0,0

Conclusões

Com base nos resultados conclui-se que a mediana é a medida de tendência central mais provável de ocorrer; a estação chuvosa dura seis meses (fevereiro a julho) com valor médio do período de 278,9mm, correspondendo a 82,5% da precipitação anual. Em 86 anos de precipitação observada sua média histórica é de 338,1mm.

A precipitação total anual demonstrou uma elevação gradativa nos seus índices da série estudada, podendo estar relacionado com a elevação da temperatura e um maior índice evaporativo.

Não se verificou nenhuma tendência de longo prazo, ou seja, não ocorreram diminuição nem aumento das chuvas anuais, apenas variabilidade interdecenal, salienta-se que existe possibilidade de eventos extremos nos índices pluviométricos de ocorrerem chuvas de altas magnitudes e em curto intervalo de tempo.

Conforme á análise de regressão linear da série histórica de precipitação do período de 1926 a 2011, a tendência de maior variabilidade da precipitação centra-se entre os meses de fevereiro a junho, que possui elevados índices de chuva para a região e os menores índices pluviométricos centra-se entre os meses de outubro a dezembro, que possui baixos índices pluviométricos.

FLUTUAÇÕES CLIMATOLÓGICAS PLUVIOMÉTRICAS

Raimundo Mainar de Medeiros
Leandro Fontes de Sousa
Elder Guedes dos Santos
Manoel Francisco Gomes Filho

Introdução

Nos dias atuais é perceptível a importância das pesquisas que envolvem o estudo do clima na busca da construção de novos parâmetros de conhecimento e consequente aplicação nas diversas atividades humanas (agricultura, represamento de água, agropecuário, economia, comércio, lazer, irrigação, hidrologia entre outras ciências) que dependem dos dados e informações cada vez mais concisos sobre chuvas, secas, temporais e eventos extremos, enfim informações de médio e longo prazo geradas com um alto grau de acerto segundo Viana, (2010).

A análise de tendências em séries históricas de precipitações é importante para verificar a variabilidade climática interanual e decenal para que assim sejam identificados como as mudanças climáticas podem modular estes padrões temporais de variabilidade.

Medeiros (2012) analisou a climatologia da precipitação no município de Cabaceiras - PB, no período de 1930-2011 como contribuição a Agroindústria e constatou que os índices pluviométricos são essenciais a sustentabilidade agroindustrial.

Diversos autores avaliaram a tendência na precipitação observada no Nordeste brasileiro (NEB) durante o século XX. Por exemplo, Haylock et al. (2006) fizeram uma análise da precipitação sobre a América do Sul, e observaram uma tendência de aumento do total anual de chuva sobre o NEB. O estudo realizado por Santos e Britto (2007), utilizando índices de extremos climáticos e correlacionando-os com as anomalias de TSM, também mostra tendência de aumento da precipitação total anual nos Estados da Paraíba e Rio Grande de Norte. Santos e Brito (2009) mostraram tendências de aumento de precipitação para o Estado do Ceará.

É de grande relevância a análise do comportamento das chuvas na Região NEB, devido, principalmente, à sua irregularidade, uma vez que as variáveis climáticas são muito importantes, não só sob o enfoque climático, mas também pelas consequências de ordem social e econômica. Segundo Zanella (2006), vários fenômenos ligados às novas condições climáticas nas cidades, nessas últimas décadas, tais como o aumento da temperatura, a poluição atmosférica, as chuvas mais intensas, entre outros, passam a fazer parte do cotidiano da população, tornando-a vulnerável a inúmeros problemas deles decorrentes.

Com o objetivo de analisar as mudanças climáticas sobre o Nordeste do Brasil, é importante conceituar os processos que influenciam o padrão das distribuições pluviométricas, tanto espacial quanto temporal. Nesse contexto, um fator relevante a ser destacado é a irregularidade na distribuição dos índices pluviométricos, associado à alta variabilidade interanual da precipitação na região tropical, com alguns anos secos e outros chuvosos. Diversos fatores podem contribuir para explicar a alta variabilidade da precipitação sobre o NEB, dentre os quais podem ser citados a flutuação nos valores de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico Tropical Sul e do Atlântico Sul. No geral, os valores das anomalias das temperaturas da superfície do mar ATSMs, do Pacífico Tropical e Atlântico estão associados a mudanças no padrão da circulação geral da atmosfera e consequentes variações na precipitação do Nordeste do Brasil Araújo, (2009).

A variabilidade climática de uma região exerce importante influência nas diversas atividades socioeconômicas, especialmente na produção agrícola. Sendo o clima constituído de um conjunto de elementos integrados, determinante para a vida, este adquire relevância, visto que sua configuração pode facilitar ou dificultar a fixação do homem e o desenvolvimento de suas

atividades nas diversas regiões do planeta. Dentre os elementos climáticos, a precipitação tem papel preponderante no desenvolvimento das atividades humanas, produzindo resultados na economia Sleiman, (2008).

Conforme Sant'Anna Neto (2008), o estudo do clima e de seus impactos, numa perspectiva geográfica, deve atingir dois níveis: o da dimensão socioeconômica e o da ambiental. Na dimensão socioeconômica, compreende a influência dos fenômenos atmosféricos e dos padrões climáticos na estruturação do território e no cotidiano da sociedade, território esse que pode ser modificado em função da variabilidade decorrente das alterações climáticas.

As constantes mudanças no clima estão provocando aumento nas ocorrências de eventos climáticos extremos no mundo inteiro. No Brasil, esses eventos ocorrem, principalmente, como enchentes (fortes chuvas) e secas prolongadas Marengo et al., (2010). No Nordeste do Brasil (NEB) os impactos são ainda maiores devido à grande variabilidade na ocorrência de precipitação dessa região. Os principais sistemas responsáveis pela ocorrência de precipitação no NEB são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Linha de Instabilidade (LI), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Brisas (Marítima e Terrestres) e as Perturbações Ondulatórias nos ventos Alísios (POAS) conforme Molion e Bernardo, (2002).

Segundo Tucci (2002), as definições utilizadas na literatura sobre alterações climáticas se diferenciam de acordo com a inclusão dos efeitos antrópicos na identificação da variabilidade. O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2001) define mudança climática como as mudanças temporais do clima devido à variabilidade natural e/ou resultados de atividades humanas. Outros autores, como Eerola (2003), Ichikawa (2004) E Sturm *et al.* (2005) adotam, para o mesmo termo, a definição de mudanças associadas direta ou indiretamente às atividades humanas que alterem a variabilidade climática natural observada num determinado período.

A distribuição da precipitação no NEB é bastante irregular no tempo e no espaço. Além disso, as estações chuvosas ocorrem de forma diferenciada em quantidade, duração e distribuição.

A pluviometria representa o atributo fundamental na análise dos climas tropicais, refletindo a atuação das principais correntes da circulação atmosférica. No município de Cabaceiras especificamente, as chuvas são fundamentais para o bom desenvolvimento do regime dos rios perenes, córregos, riachos, níveis dos lagos e lagoas, bem como para a ocupação do solo, sendo imprescindível ao planejamento de qualquer atividade o conhecimento da sua dinâmica e uma aplicabilidade deste elemento ao setor agrícola e pecuário.

De acordo com a classificação de Köppen o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano⁻¹, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 m a 700 m). As chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do norte (Medeiros, 2008).

Os fatores provocadores de chuva no município são formações de linhas de instabilidade na costa e transportada para o interior pelos ventos alísios de sudeste/nordeste, desenvolvimento de aglomerados convectivos, proveniente do calor armazenado na superfície e transferido para atmosfera, orografia, contribuições de formação de vórtices ciclônicos, e tendo como principal sistema o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Além de possuir uma distribuição pluviométrica anual irregular (336,6 mm).

A variabilidade climática de uma região exerce importante influência nas diversas atividades socioeconômicas, especialmente na produção agrícola. Sendo o clima constituído de um conjunto de elementos integrados, determinante para a vida, este adquire relevância, visto que sua configuração pode facilitar ou dificultar a fixação do homem e o desenvolvimento de suas atividades nas diversas regiões do planeta. Dentre os elementos climáticos, a precipitação tem papel preponderante no desenvolvimento das atividades humanas, produzindo resultados na economia (Sleiman, 2008).

Dentre os elementos do clima, a precipitação é o que mais influencia na produtividade agrícola (Ortolani e Camargo, 1987), especialmente nas regiões tropicais onde o regime de chuvas é caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade (Santana et al. 2007). Por ser um elemento essencial na classificação climática de regiões tropicais, a precipitação e sua variabilidade associada a outros elementos do clima, provoca uma flutuação no comportamento geral dos climas locais. O monitoramento do regime pluviométrico da região nos últimos anos tem mostrado que a escassez de recursos hídricos acentua os problemas sócioeconômicos, em particular ao final de cada ano, com os totais pluviométricos em torno ou abaixo da média da região (Marengo e Silva Dias, 2006).

Dessa forma, o objetivo foi realizar um diagnóstico da flutuação dos índices pluviométricos e análise climatológica da precipitação da cidade de Cabaceiras, PB, utilizando-se a série histórica de 1926 a 2011, que possivelmente contribuirá nas decisões de setores como a economia e agricultura do município. Sendo de grande importância, uma vez que a área estudada se caracteriza por possuir uma grande variabilidade da pluviometria e uma diversidade nos padrões de ocupação do solo, onde os impactos decorrentes das precipitações intensas influenciam na área urbana e rural devido a erosividade.

Materiais e métodos

Os dados de precipitações mensais e anuais foram obtidos de uma série histórica de 86 anos (1926 a 2011), fornecido pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) e do do banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990). Foram utilizados os seguintes dados de precipitação pluviométrica: totais mensais médios anuais de pluviometria; valores máximos e mínimos no período de 1926 a 2013 (86 anos). Foram desconsiderados como valores mínimos os totais mensais iguais à zero, considerando-se apenas aqueles que se encontravam no intervalo de 5 a 10 mm. Para análise dos dados foi utilizado o programa em planilhas eletrônicas.

Dadas às informações climatológicas e dinâmicas do NEB, o município de Cabaceiras, tem seu regime de chuvas controlado pelo deslocamento meridional da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A sua atividade mais ao sul do Equador ocorre entre os meses de fevereiro a maio. Na estação chuvosa, a região também é influenciada por vórtices ciclônicos de altos níveis, linhas de instabilidade, aglomerados convectivos, a convergência de umidade, e pela convecção devido aos efeitos locais, que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca no período chuvoso, sendo o fenômeno La Niña o principal fator para ocorrência de chuvas acima da média histórica provocando inundações, alagamento, enchentes, enxurradas e desmoronamentos.

Conforme Meis et al. (1981), podem-se analisar as precipitações no decorrer do tempo de diferentes maneiras, possibilitando o reconhecimento do seu comportamento geral, dos seus padrões habituais e extremos.

Foi efetuada uma análise de frequência das distribuições dos totais anuais das chuvas mediante a elaboração dos gráficos. Utilizou-se a escala proposta por Meis et al. (1981), empregada por Xavier e Dornelas (2005), definida da seguinte forma: os valores anuais que mais se aproximaram do valor médio, foram caracterizados como intermediários, e os valores de precipitação anual que se afastaram da média foram considerados como representativos para os anos mais secos e mais úmidos. Utilizou-se uma escala de variação de 25% em relação à média para os meses intermediários; valores acima da escala caracterizaram-se como anos muito chuvosos, e os abaixo dos 25%, anos secos (Xavier e Dornelas, 2005).

Resultados e discussão

Na Figura 1, observar-se o comportamento da precipitação em termos de médias mensais históricas e os valores máximos e mínimos absolutos registrados em Cabaceiras no período 1926-2011. A média dos totais mensais de chuva variou entre 3,4 mm em outubro a 60,2 mm no mês de abril. O quadrimestre mais chuvoso são os meses de março, abril, maio e junho com totais mensais médios oscilando entre 3,4 a 60,2 mm. Os valores mínimos absolutos de chuvas ocorridos e registrados foi o mês de novembro de 1963 com 45,0 mm o mês de setembro de 1977 com um total de 50,0 mm. Os valores máximos absolutos de ocorrências de chuvas mensal registrados na área de estudos foram os meses de janeiro de 2004 com 279,2 mm, março de 2008 com 386,0 mm e abril de 1977 com 271,2 mm, respectivamente, demonstrando com isto a variabilidade espacial e temporal com grandes irregularidades entre anos.

O período chuvoso inicia-se no mês de fevereiro com chuva de pré-estação e prolonga-se até o mês de junho, o que se destaca é a frequência de irregularidade nas distribuições dos índices pluviométricos entre meses e anos.

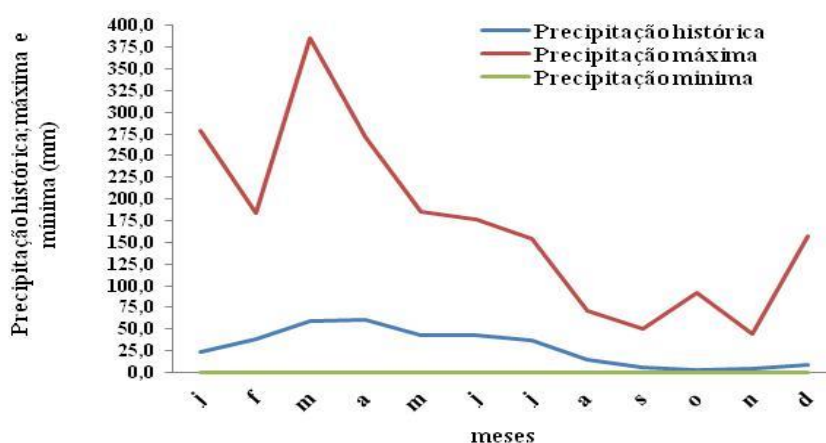


Figura 1. Precipitação pluviométrica histórica mensal e os máximos e mínimos em Cabaceiras, PB no período 1926 - 2011.

Na Figura 2, observa-se a variação dos totais anuais das chuvas históricas para o período de 1926-2011, onde se pode constatar que a média anual histórica é de 336,6 mm com 86 anos de observações. Durante o período analisado ocorreu grande variabilidade dos totais anuais de chuva podendo esta variabilidade ser observada como nos anos de 1964 (775,5 mm) e 1952 (23,8 mm) onde apresentaram os maiores e menores índices pluviométricos (com valores de precipitações completos). O município de Cabaceiras apresenta uma série de quarenta e três anos com precipitações abaixo da média histórica e trinta e nove anos com índices pluviométricos acima da média, além de quatro anos com precipitações em torno da normalidade.

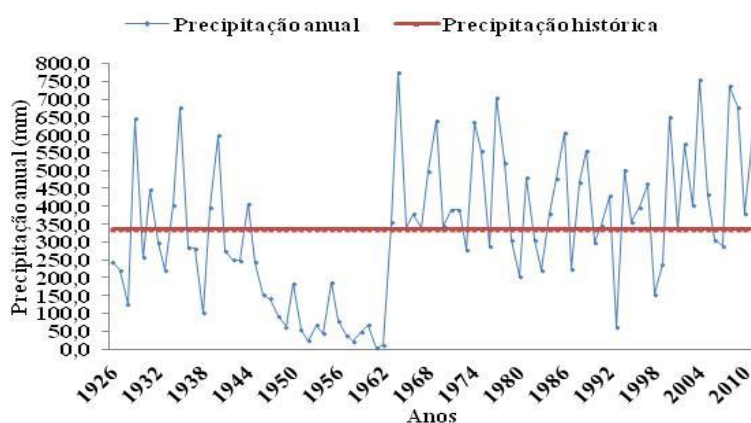


Figura 2. Precipitação pluviométrica anual e climatológica em Cabaceiras, PB no período 1926 - 2011.

As oscilações da chuva se estabelecem em uma das características principais do regime pluviométricos em Cabaceiras. Tratando-se de uma região de clima semiárido quente, Cabaceiras possui uma pluviosidade bastante irregular, com sua magnitude alterando bastante ao longo dos anos. Na Figura 3, apresenta-se a distribuição da precipitação anual entre os anos de 1926 a 2013, período no qual a média anual foi em torno de 340 mm. Entre os anos de 1926 e 1944, a precipitação anual foi bastante irregular. Alguns anos foram muito chuvosos, com precipitação acima de 500 mm, porém se nesse período há uma predominância de chuvas abaixo da média na região. No período de 1945 a 1963 destaca-se que a chuva ocorreu abaixo da média, fato que condiz com relatos de populares que indicam que a década de 1950 foi um período de seco na Região e de grande prejuízo no setor agrícola, setor que movia a economia local naquela época. A partir de 1964, a chuva foi predominante em torno da média, porém os anos com máximos de precipitação aumentaram a frequência de ocorrência. Os anos com menos pluviosidade apresentaram valores mais próximos à média, com alguns anos extremamente secos na região, a exemplo dos anos de 1993, 1997 e 2012.

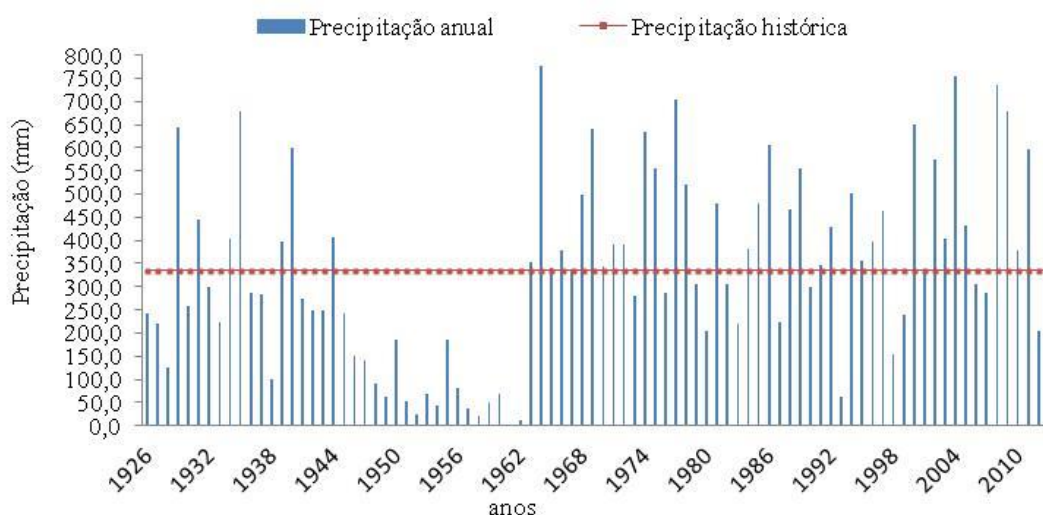


Figura 3. Distribuição temporal da precipitação anual no município de Cabaceiras – Paraíba.

O diagnóstico da variabilidade dos índices pluviométricos em Cabaceiras indica uma tendência de aumento dos totais anuais ao longo dos 87 anos. Os desvios das precipitações em relação à média são ilustrados na Figura 4. Esses desvios auxiliaram na classificação dos anos nas categorias presentes na Tabela 1.

Análise da Tabela 1 indica flutuações de extremamente seco a extremamente chuvoso. Os anos classificados na categoria “extremamente secos” foram 1949, 1951, 1952, 1954, 1957, 1958, 1959, 1961, 1962, 1993. Os anos reunidos na categoria “extremamente chuvosos” foram os anos de 1929, 1935, 1964, 1974, 1977, 1985, 2000, 2004, 2008 e 2009. Essas flutuações foram decorrentes dos fenômenos de escala planetária El Niño e La Niña. O fenômeno El Niño, que ocorreu nos anos de 1997/1998, influenciou na redução considerável das chuvas nesses anos, uma vez que, em anos de El Niño, se observa uma diminuição dos totais pluviométricos na região Nordeste, provocando, em alguns anos, secas severas. De acordo com Oliveira (2001), as intensidades dos eventos variam bastante de caso a caso, sendo o El Niño mais intenso, os de 1982/1983, 1993 e 1997/1998, desde que começaram os registros de Temperatura da Superfície do Mar (TSM).

Tabela 1. Índices pluviométricos anuais do período (1926-2013). Classificação anual, segundo método proposto por Meis et al. (1981).

Anos	Precipitação Anual (mm)	Precipitação Histórica (mm)	Desvio Percentual (mm)	Classificação	1969	640,2	334,9	91,2	ext. chuvoso
1926	243,7	334,9	-27,2	seco	1970	344,5	334,9	2,9	normal
1927	221,2	334,9	-34,0	seco	1971	391,1	334,9	16,8	normal
1928	124,3	334,9	-62,9	muito seco	1972	390,0	334,9	16,5	normal
1929	645,0	334,9	92,6	ext. chuvoso	1973	278,8	334,9	-16,8	normal
1930	257,2	334,9	-23,2	normal	1974	635,4	334,9	89,7	ext. chuvoso
1931	446,0	334,9	33,2	chuvoso	1975	553,9	334,9	65,4	muito chuvoso
1932	298,0	334,9	-11,0	normal	1976	286,8	334,9	-14,4	normal
1933	222,1	334,9	-33,7	seco	1977	704,5	334,9	110,4	ext. chuvoso
1934	404,0	334,9	20,6	normal	1978	521,7	334,9	55,8	muito chuvoso
1935	677,3	334,9	102,2	ext. chuvoso	1979	305,6	334,9	-8,7	normal
1936	286,4	334,9	-14,5	normal	1980	203,6	334,9	-39,2	seco
1937	282,8	334,9	-15,6	normal	1981	480,3	334,9	43,4	chuvoso
1938	101,1	334,9	-69,8	muito seco	1982	306,0	334,9	-8,6	normal
1939	397,9	334,9	18,8	normal	1983	221,7	334,9	-33,8	seco
1940	598,4	334,9	78,7	muito chuvoso	1984	379,9	334,9	13,4	normal
1941	275,3	334,9	-17,8	normal	1985	478,5	334,9	42,9	chuvoso
1942	250,1	334,9	-25,3	seco	1986	606,4	334,9	81,1	ext. chuvoso
1943	247,1	334,9	-26,2	seco	1987	223,6	334,9	-33,2	seco
1944	406,7	334,9	21,4	normal	1988	467,6	334,9	39,6	seco
1945	242,7	334,9	-27,5	seco	1989	556,1	334,9	66,0	chuvoso
1946	151,9	334,9	-54,6	muito seco	1990	299,1	334,9	-10,7	normal
1947	141,4	334,9	-57,8	muito seco	1991	345,2	334,9	3,1	normal
1948	92,1	334,9	-72,5	muito seco	1992	428,8	334,9	28,0	chuvoso
1949	62,1	334,9	-81,5	ext. seco	1993	62,9	334,9	-81,2	ext. seco
1950	185,1	334,9	-44,7	seco	1994	501,0	334,9	49,6	muito chuvoso
1951	53,4	334,9	-84,1	ext. seco	1995	355,3	334,9	6,1	normal
1952	23,8	334,9	-92,9	ext. seco	1996	396,1	334,9	18,3	normal
1953	67,0	334,9	-80,0	muito seco	1997	463,3	334,9	38,3	chuvoso
1954	43,2	334,9	-87,1	ext. seco	1998	154,5	334,9	-53,9	muito seco
1955	186,9	334,9	-44,2	seco	1999	238,8	334,9	-28,7	seco
1956	79,7	334,9	-76,2	muito seco	2000	649,8	334,9	94,0	ext. chuvoso
1957	38,1	334,9	-88,6	ext. seco	2001	337,8	334,9	0,9	normal
1958	21,4	334,9	-93,6	ext. seco	2002	574,3	334,9	71,5	muito chuvoso
1959	48,5	334,9	-85,5	ext. seco	2003	402,2	334,9	20,1	normal
1960	67,1	334,9	-80,0	muito seco	2004	755,8	334,9	125,7	ext. chuvoso
1961	3,6	334,9	-98,9	ext. seco	2005	433,0	334,9	29,3	chuvoso
1962	10,7	334,9	-96,8	ext. seco	2006	306,4	334,9	-8,5	normal
1963	354,3	334,9	5,8	normal	2007	288,1	334,9	-14,0	normal
1964	775,5	334,9	131,6	ext. chuvoso	2008	736,8	334,9	120,0	ext. chuvoso
1965	339,7	334,9	1,4	normal	2009	677,8	334,9	102,4	ext. chuvoso
1966	378,7	334,9	13,1	normal	2010	379,8	334,9	13,4	normal
1967	338,6	334,9	1,1	normal	2011	596,5	334,9	78,1	muito chuvoso
1968	497,5	334,9	48,6	muito chuvoso	2012	205,8	334,9	-38,5	seco
					2013	317,3	334,9	-5,3	seco

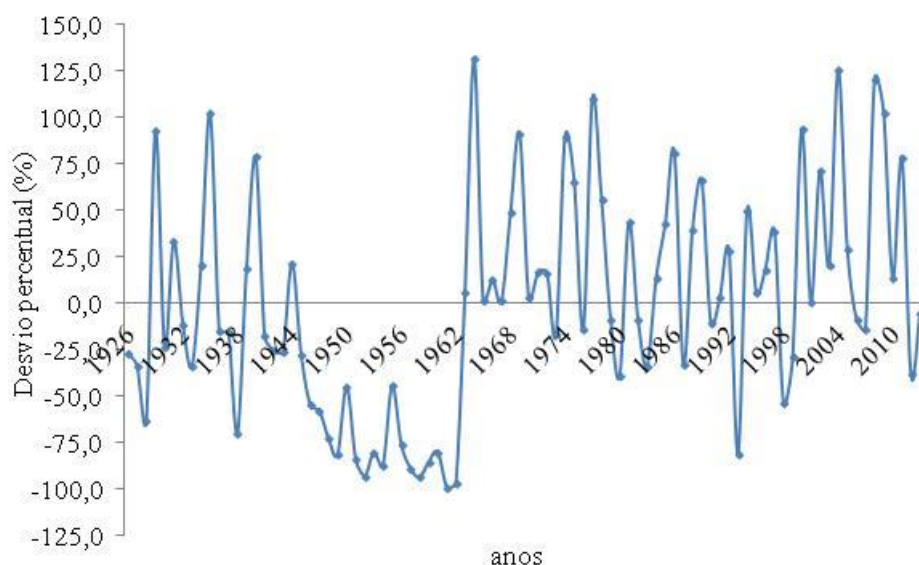


Figura 4. Desvio percentual anual da precipitação em relação à média histórica.

Conclusões

No município de Cabaceiras a precipitação pluviométrica mensal é bastante variável na sua distribuição espacial e temporal ao longo dos anos. O quadrimestre mais chuvoso são os meses de março, abril, maio e junho com totais mensais médios oscilando entre 3,4 a 60,2 mmês^{-1} .

Os meses de setembro a dezembro considerados os mais secos seus índices pluviométricos flutuam entre 3,4 a 9,3 mm, apresentando uma média anual de 336,6 mm com 86 anos de observações.

Durante os 86 anos estudados os totais anuais extremos de precipitação pluviométrica foram registrados nos anos de 1964 no qual choveu 775,5 mm e o ano de 1952 quando o total anual registrado foi de 23,8 mm, estes extremos dão decorrentes dos fenômenos de larga escala atuante durante o período estudado.

A análise da variabilidade espacial e temporal das chuvas proporciona informações de como o homem rural e urbano deverá estabelecer medidas para captura de águas de chuvas e seu armazenamento usando o período mais chuvoso.

Os resultados obtidos mostraram algumas tendências negativas de diminuição das chuvas, mesmo com oscilações das precipitações ao longo da série amostral, que compreendeu os 88 anos (1926 a 2013). Foi evidenciada a recorrência de valores máximos de precipitação anual dentro de um intervalo de 17, 13 e 9 anos.

Na série de precipitação estudada temos trinta e três anos com chuvas abaixo da média, dois anos com chuva entre a normalidade e cinquenta e um anos com chuvas acima da média histórica.

VARIABILIDADE ANUAL DA PRECIPITAÇÃO E CONDIÇÕES DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

Raimundo Mainar de Medeiros

Introdução

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos que apresenta maior variabilidade tanto em quantidade quanto em distribuição mensal e anual de uma região para outra (Almeida, 2003). Segundo Aragão (1975), a principal razão da existência do semiárido nordestino é a ausência de um mecanismo dinâmico que provoque movimentos ascendentes. Trabalho de modelagem feito por Gomes Filho (1979) mostra que a topografia da região tende a intensificar os movimentos subsidentes sobre esta região, enquanto o albedo diferencial não interferiria nos resultados.

Estudos têm mostrado que a distribuição de frequência tem sido usada para caracterizar o regime pluvial de uma região, embora a distribuição gama incompleta seja o modelo teórico que melhor se ajusta os dados originais (Reis et al, 1995). De acordo com Assis et al (1996), um erro muito comum em análise de dados é desprezar as características da distribuição de probabilidade mais adequada para os dados em estudo.

Tenenbaum et al. (2005), mostraram que não há indícios de diminuição de chuva em São Raimundo Nonato, PI embora exista uma elevada variabilidade espacial e temporal na quantidade de chuva observada de um ano para outro, e mesmo assim, podendo ser armazenadas os índices pluviométricos mesmo que o ano seja abaixo da média climatológica da região. (Melo et al 2005), demonstrou que para o município de União, PI as condições necessárias para uma eficiente captura e armazenamento de água de chuva mesmo que durante o período estudado tenham sido constatados índices abaixo da média histórica na região do município de Pedro II, PI. (Maciel et al 2010), demonstra condições necessárias para uma eficiente captura e armazenamento de água de chuva mesmo que durante o período estudado tenham sido constatados índices abaixo da média histórica na região.

Tem por objetivo verificar de forma simples a existência ou não de modificações no “padrão” de chuva anual na localidade de Cabaceiras, PB, ao longo dos últimos oitenta e seis anos, comparando-se a frequência de ocorrência de totais anuais de chuva em ciclos de 20 em 20 anos, valendo ressaltar que o último tem seis anos, além de mostrar que em anos com precipitações anômalas o seu volume precipitado pode ser armazenado e utilizado para consumo e outras tarefas caseiras, e sua contribuição nos volumes dos rios, lagos, lagoas e riachos da região municipal.

Materiais e métodos

Os dados mensais e anuais de precipitação pluvial utilizados no presente estudo foram coletados no posto pluviométrico do município de Cabaceiras, PB, referentes ao período: 1926 a 2011, totalizando oitenta e seis anos de observações de precipitações. Agruparam-se os dados e utilizando-se a distribuição de frequência, ordenando-os, cronologicamente, de forma mensal (somados valores diários) e anual (somatório dos totais mensais e anuais). Determinaram-se, em seguida, as medidas de tendência central: média aritmética e mediana e de dispersão amplitude e desvio padrão. Conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Os dados de chuva anuais formam agrupados em dez intervalos de classes: 0-99,9; 100-199,9; 200-299,9; 300-399,9; 400-499,9; 500-599,9; 600-699,9; 700-799,9 e de 800-899,9 mm os quais foram determinadas as frequências de ocorrência do número de anos em cada uma

dessas classes, em cinco períodos distintos: 1926/1945; 1946/1965; 1966/1985; 1986/2005 e 2006/2011.

Resultados e discussão

A média aritmética anual do período 1926 a 2011 foi de 336,6 mm com desvio padrão de 326,6 mm e com um coeficiente de variância de 0,60%. Constatou-se que existem períodos mais e menos chuvosos. Ressalta-se, que o maior índice pluviométrico registrado foi no ano de 1965 com 775,5 mm e o ano menos chuvoso foi o de 1962 com 3,6 mm. Entretanto, nos anos de 1930; 1936; 1941; 1965; 1974; 1975; 1977; 1978; 1986; 1989; 1994; 2000; 2002; 2004; 2008 os índices pluviométricos flutuaram entre 500 a próximo de 800,0 mm, e os anos de 1950; 1952; 1954; 1955; 1958; 1959; 1962; 1963 ocorreram chuvas anuais variando de 3,6 a 67,0 mm.

Na Figura 1, é mostrada a distribuição de frequência dos totais anuais de chuva em intervalos de classes regulares de 100,0 mm e para ciclos ordenados cronologicamente de 20 em 20 anos. Verifica-se na referida figura que, a frequência de ocorrência de anos com totais abaixo da média foi de dose anos para o período de 1926/1945, como também apresenta uma frequência de sete anos para o intervalo de precipitação acima de 336,6 mm.

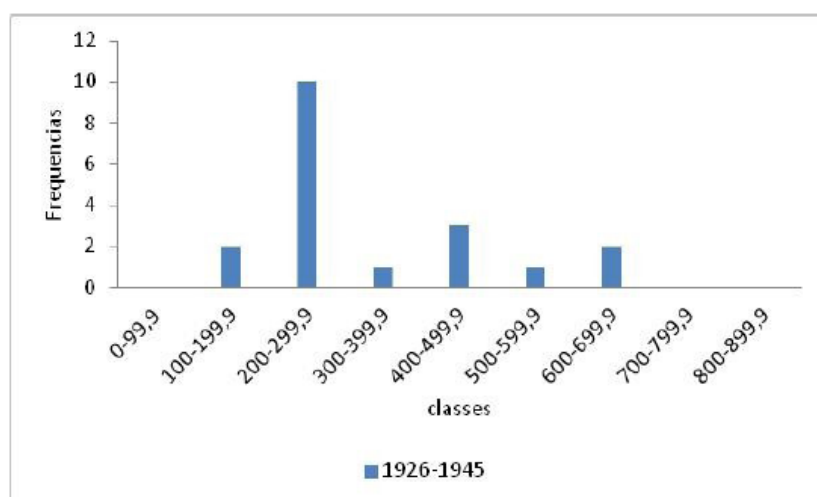


Figura 1. Histograma e distribuição de frequência dos totais de chuvas anuais em intervalos de classes regulares de 100,0 mm para Cabaceiras, PB referente ao período 1926 a 1945.

Utilizando-se dos mesmos processos da Figura 1, a Figura 2 mostra o intervalo de tempo de 1946- 1965, no qual apresentou dezoito anos secos e dois anos chuvosos, com destaque para os anos de 1964 e 1965 que atingiu o valor anual de 354,3 e 775,5 mm, observar que nas classes de frequências entre 300,0 – 399,9 e a de 700,0 – 799,9 foram maiores que a média histórica.



Figura 2. Histograma e distribuição de frequência dos totais de chuvas anuais em intervalos de classes regulares de 100,0 mm para Cabaceiras, PB referente ao período 1946 a 1965.

Referente ao período 1966 a 1985, na Figura 3 utilizou-se dos mesmos processos já descrito, o qual mostra uma frequência de dezesseis anos, para o intervalo de precipitação com índices superiores a 336,6 mm (média histórica). A frequência de precipitação abaixo da média anual histórica é de quatro anos. Destaca-se o ano de 1977 com 704,5 mm de índices pluviométricos ocorridos e o ano de 1980 com um total anual de 203,6 mm, sendo considerados anos atípicos devido à variabilidade atmosférica.

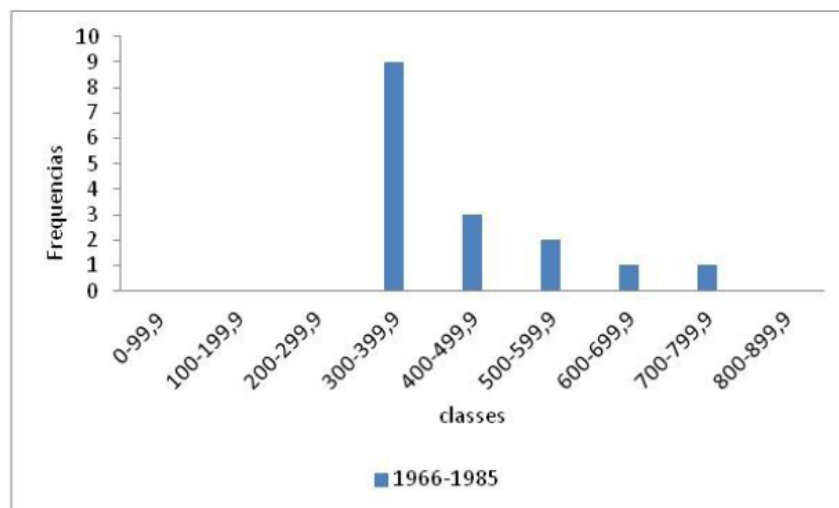


Figura 3. Histograma e distribuição de frequência dos totais de chuvas anuais em intervalos de classes regulares de 100,0 mm para Cabaceiras, PB referente ao período 1966 a 1985.

A Figura 4 mostra a frequência de precipitação no intervalo de tempo de 1986 a 2005, perfazendo um intervalo de ciclo em 20 anos, com seis anos de chuvas abaixo e quinze anos com chuvas acima da média histórica. A variabilidade dos quinze anos com médias pluviométricas acima fluíram entre 300,0 a 799,9 mm, enquanto as variabilidades dos índices pluviométricos abaixo da média histórica oscilaram entre 62,9 a 299,1 mm.

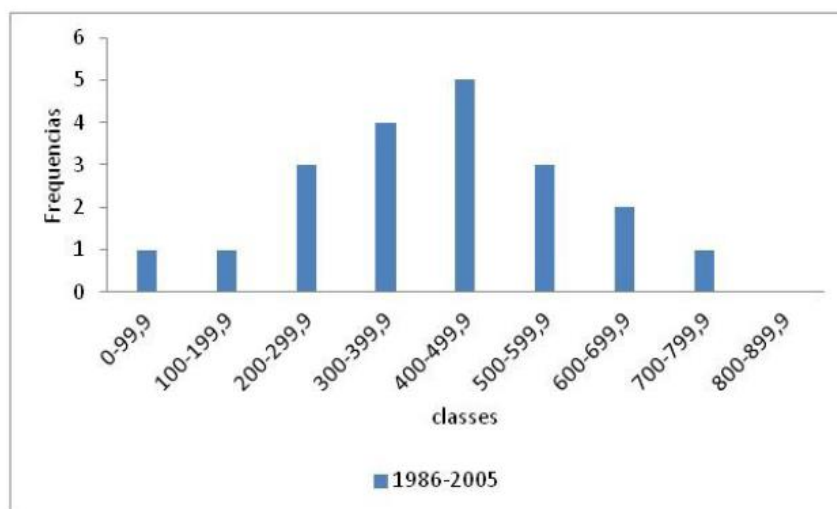
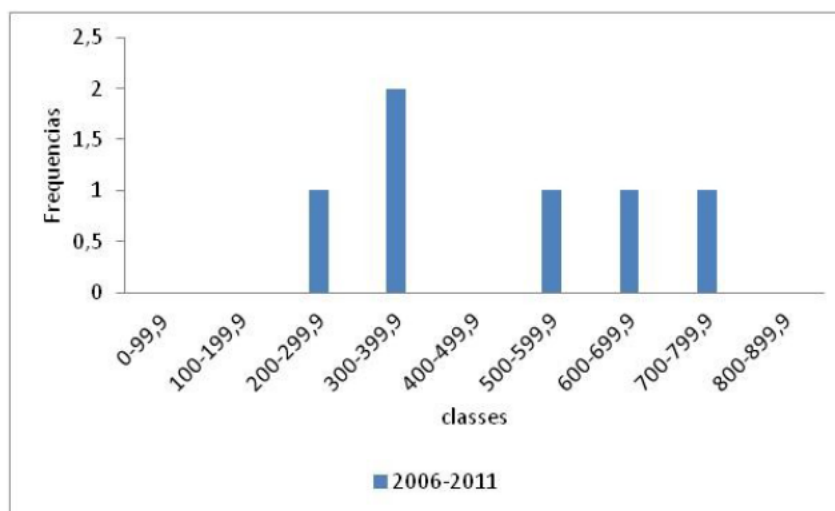


Figura 4. Histograma e distribuição de frequência dos totais de chuvas anuais em intervalos de classes regulares de 100,0 mm para Cabaceiras, PB, referente ao período 1986 a 2005.

Finalmente o ciclo de 2006-2011, Figura 5, totalizando seis anos com dados observados, sendo que destes seis anos um ano obteve chuva abaixo da normal histórica com flutuação variou de 288,1 mm anual, ao passo que os cinco anos restante para a complementação do ciclo os índices pluviométricos fluíram acima da média histórica com oscilação entre 379,9 a 736,8 mm. Destacamos o (ano de 2008 como o ano de máximo índice pluviométrico (736,8 mm)).



A figura 5. Representa a curva da distribuição dos totais anuais de precipitações e mostra suas variabilidades espacial e temporal nos decorrer dos anos (1992 - 2010).

Observa-se que mesmo com anos abaixo da média histórica (336,6 mm), a captação da água de chuva ainda continua sendo viável e de fácil coleta, o que possibilita o planejamento de construções de reservatórios para o armazenamento da água, ao passo que em anos de precipitações acima da média histórica, os excedentes de água poderiam ser utilizados em outras finalidades, tais como: construções de barragens subterrâneas, médios e pequenos açudes os quais auxiliarão as comunidades a ter água de boa qualidade e desta forma, estas poderão se utilizar desta barragem e açudes como melhor forma de sobrevivência; e assim como, em terrenos baixios, os quais terão condições de plantios precoces onde possam utilizar a umidade de solo após o seu secamento.

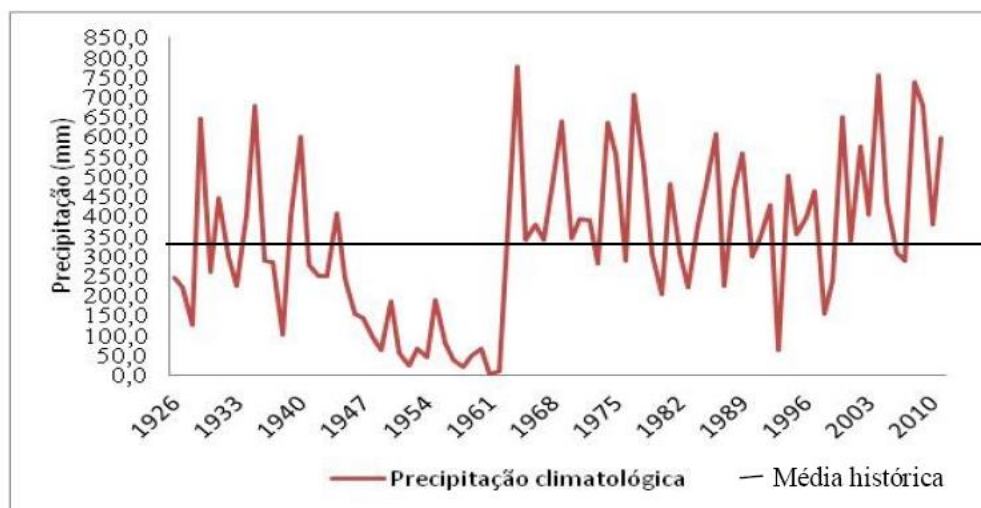


Figura 6. Precipitação total anual em função do período de tempo de 1926 a 2011 para o município de Cabaceiras, PB.

Isso demonstra, portanto, que a priori não há indícios de redução de chuva nesta local, quando se comparam ciclos de anos com outros, embora exista uma culminante variabilidade espacial e temporal na quantidade do volume de chuva observada de um ano para outra, demonstrando que as variabilidades acima especificadas não impedem que sejam planejadas e construídas cisternas, pequenos e médios açudes, barragem subterrânea e/ou outros meios para a captação e armazenamento de águas pluviais para o consumo humano, vegetal e animal.

Conclusões

Notam-se as questões dos ciclos para a agricultura, onde os gestores públicos devem incentivar a produção nos ciclos chuvosos e diminuir os incentivos nos ciclos secos, reduzindo desta forma os desperdícios dos recursos naturais, financeiros e humanos.

As reversões dos ciclos chuvosos e secos com relação aos lençóis freáticos e as recargas dos poços ora em atividade e inativos devem ser fiscalizadas com maiores critérios de armazenamento de água, com o rebaixamento do lençol freático ocorre uma maior contribuição para o rebaixamento dos níveis dos rios.

Na série de precipitação estudada temos trinta e três anos com chuvas abaixo da média, dois anos com chuva entre a normalidade e cinquenta e um anos com chuvas acima da média histórica.

Também se constata que a água proveniente das chuvas, em geral, escorre para os rios e dessa forma, atualmente não existe condições de armazenamento de água, surgindo, então, a necessidade de focalizar esforços para a criação de nova forma que possam contribuir e viabilizar este armazenamento de água, como por exemplos, pode-se citar: cisternas, adutoras, pequenos e médios açudes, barragens subterrâneas, reservatório de água e outras maneiras de armazenamento de águas. Pois, a utilização destes servirá para solucionar, em parte, os problemas da população relacionados com captação da água das chuvas.

Mesmo com as distribuições e ocorrências das chuvas irregulares e com atuações dos fatores meteorológicos sofrendo bloqueios que impedem as regularidades, existem condições necessária e suficiente de captação e armazenamento, bastando para isto: não só um bom planejamento, como também um adequado monitoramento da qualidade de água.

A variabilidade nos excedentes de água das chuvas poderia ser utilizada em outras finalidades, tais como: construções de barragens subterrâneas, as quais auxiliarão as comunidades a ter água de boa qualidade e desta forma, estas poderão se utilizar desta barragem como melhor forma de sobrevivência; e assim como, em terrenos baixios, os quais terão condições de

plantios precoces ou super precoces onde possam utilizar a umidade de solo após o seu período chuvoso.

No município de Cabaceiras, PB, não há indícios de diminuição de chuva nesta localidade, quando se comparam ciclos de anos com outros, embora exista uma elevada variabilidade espacial e temporal na quantidade de chuva observada de um ano para outra, demonstrando que as variabilidades acima especificadas não impedem que sejam planejadas e construídas cisternas ou outros meios de armazenamento de água para o consumo humano, vegetal e animal.

MUDANÇAS DA PRECIPITAÇÃO E DA TEMPERATURA MÁXIMA, MÍNIMA, MÉDIA DO AR MENSAL E ANUAL

Raimundo Mainar de Medeiros

Valneli da Silva Melo

Francisco de Assis Salviano de Sousa

INTRODUÇÃO

O conhecimento das condições climáticas de uma região é necessário para que se possam estabelecer estratégias, que visem o manejo adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agrícolas viáveis e seguras para o meio ambiente e a produtividade agropecuária do estado da Paraíba.

Para melhor analisar o clima de uma região torna-se necessário uma caracterização de seus elementos constituintes, tais como: temperatura do ar, precipitação pluvial, umidade relativa do ar, radiação solar, intensidade e direção predominante do vento. De acordo com Vianello e Alves (2002), o clima é uma generalização ou a integração, o sequenciamento das condições do tempo para um período maior ou igual há 30 anos e o tempo é a descrição instantânea do estado da atmosfera.

A climatologia é uma ciência indispensável para muitas outras áreas do conhecimento e em diversas atividades: zoneamento de biomas de acordo com as características climáticas, gerenciamento entre a sociedade e o meio ambiente, planejamento urbano, dentre outros usos, sendo seus métodos e aplicações inteiramente indutivos. Segundo Mendonça (2009) “a climatologia compõe o campo das ciências humanas e tem como propósito o estudo do espaço geográfico a partir da interação da sociedade com a natureza”. Este conceito evidencia mais ainda a importância da climatologia para com a sociedade.

A temperatura é importante elemento meteorológico, o qual explica os estados energéticos e dinâmicos da atmosfera e conseqüentemente revela a circulação atmosférica, sendo capaz de facilitar e/ou bloquear os fenômenos atmosféricos (Dantas et al., 2000). Os seres vivos que povoam o planeta vivem adaptados à energia do ambiente. Além da variação diária, a temperatura varia também ao longo do ano, conforme a disposição da terra e da radiação solar. Assim, verifica-se que a temperatura do ar tem um efeito claro no desenvolvimento dos seres vivos, animal e vegetal, sendo necessária a utilização de métodos de estimativas de temperatura confiáveis e seguros para que se possa trabalhar com informações precisas.

A temperatura do ar exerce influência sobre diversos processos vitais das plantas, como a fotossíntese, respiração e transpiração, refletindo no crescimento vegetal e, sobre os estádios de desenvolvimento das culturas (Lucchesi, 1987). Os valores das temperaturas do ar máximas e mínimas estão associados à disponibilidade de energia solar, nebulosidade, umidade do ar e do solo, vento (direção e intensidade) e a parâmetros geográficos como topografia, altitude e latitude do local, além da cobertura e tipo de solo (Ometto, 1981; Pereira et al., 2002 apud Strasburger, 2011). E a amplitude térmica influencia na definição das épocas de semeadura, na escolha de cultivares e na adoção de práticas de manejo que busquem modificar o ambiente de cultivo (STRASSBURGER, 2011).

O período de molhamento foliar pode ser estimado por sensores ou por meio do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% (Sentelhas et al., 2008; Huber e Gillespie, 1992; Sutton et al., 1984). Sentelhas et al. (2008) ao estudar modelos empíricos utilizados para estimar período de molhamento foliar em 4 regiões da superfície terrestre com diferentes condições climáticas, observaram que o número de horas de umidade relativa maior ou igual a 90%

possibilitou obter acurácia satisfatória da duração do período de molhamento foliar quando comparado a dados de sensores testados e calibrados sob condições de laboratório.

Medeiros et al. (2012) analisou a climatológica da precipitação no município de Bananeiras - PB, no período de 1930-2011 como contribuição a agroindústria e constatou que os índices pluviômetros são essenciais a sustentabilidade agroindustrial.

Objetiva-se compreender a variabilidade espaço-temporal da temperatura média do ar e da precipitação pluvial dentro do estado, visando suas flutuabilidades anuais para os tomadores de decisões para projetos agrícolas, irrigação e recursos hídricos demonstrando sua oscilação por microrregiões e a contribuição ao armazenamento de água.

Materiais e métodos

Embora existam longas séries de dados de temperatura do ar para algumas localidades de uma dada região, pode não haver registro algum exatamente daquela localidade em que se está interessado. Outro fator diz respeito ao número de estações meteorológicas que é pequeno, tornando baixa a densidade das informações disponíveis sobre a temperatura, dificultando a caracterização do campo térmico. Estas situações são muito frequentes na prática e estimulam as concepções de técnicas que busquem estimar a temperatura em locais onde não há dados (Varejão-Silva, 2006).

Na metodologia elaborados valores da temperatura média do ar foram estimados pelo software Estima_T (Cavalcanti e Silva, 1994; Cavalcanti e Silva, 2006) estando disponível no site da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande disponível em <<http://www.dca.ufcg.edu.br/download/estimat.htm>>.

O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática para a temperatura média mensal, em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude de conformidade com os autores Cavalcanti e Silva (2006), dada por:

$$T = C_0 + C_1 \lambda + C_2 \varnothing + C_3 h + C_4 \lambda^2 + C_5 \varnothing^2 + C_6 h^2 + C_7 \lambda \varnothing + C_8 \lambda h + C_9 \varnothing h$$

Onde:

C_0, C_1, \dots, C_9 são as constantes;

$\lambda, \lambda^2, \lambda \varnothing, \lambda h$ longitude; $\varnothing, \varnothing^2, \lambda \varnothing$ latitude;

$h, h^2, \lambda h, \varnothing h$ altura.

Também se pode estimar a série temporal de temperatura, adicionando a esta a anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical de acordo com Cavalcanti e Silva (2006).

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij}$$

Onde:

$i = 1, 2, 3, \dots, 12$

$j = 1950, 1951, 1952, 1953, \dots, 2014$.

Após foi elaborada planilha eletrônica com os dados obtidos com o Estima_T, e após calculado a média anual da temperatura média do ar. Utilizando pacotes em planilhas eletrônicas elaboram-se os gráficos das temperatura máximas, médias e mínimas e das precipitações históricas, máximos e mínimos absolutos

Os dados de precipitação médias mensais e anuais foram adquiridos do banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA, 2013), para o período de 1926 a 2013. Os cálculos e a elaboração de gráficos da variabilidade mensal e anual da precipitação foram feita através de planilhas eletrônicas.

Dadas às informações climatológicas e dinâmicas do NEB, o município de Cabaceiras, tem seu regime de chuvas controlado pelo deslocamento meridional da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A sua atividade mais ao sul do Equador ocorre entre os meses de fevereiro a

maio. Na estação chuvosa, a região também é influenciada por vórtices ciclônicos de altos níveis, linhas de instabilidade, aglomerados convectivos, a convergência de umidade, e pela convecção devido aos efeitos locais, que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderada a fraca no período chuvoso, sendo o fenômeno La Niña o principal fator para ocorrência de chuvas acima da média histórica provocando inundações, alagamento, enchentes, enxurradas e desmoronamentos.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 observam-se as variações da temperatura máxima climatológica, desvio padrão, coeficiente de variância (Coef. Variância), máximo e mínimo absolutos da temperatura máxima do ar para o município de Cabaceiras.

Os dados de temperatura média máxima do ar representativas de Cabaceiras oscilam entre 28,1 °C no mês de junho a 32,6 °C no mês de dezembro, sua temperatura média anual é de 30,5 °C, o quadrimestre quente ocorre entre os meses de novembro a fevereiro com flutuações entre 31,7 a 32,6 °C, o quadrimestre frio ocorre nos meses de maio a agosto com flutuações variando entre 27,8 a 29,2 °C. Os desvios padrão e os coeficientes de variância não apresentam variações significativas para os elementos estudados.

Tabela 1. Temperatura máxima do ar; desvio padrão; Coeficiente de variância; máximos e mínimos valores absolutos para o município de Cabaceiras - PB.

Parâmetros/Mese	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Média	32,1	31,7	31,2	30,4	29,2	28,1	27,8	28,8	30,2	31,7	32,5	32,6	30,5
Desvio padrão	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
Coef. variância	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo absoluto	33,2	32,7	32,1	31,2	30,0	28,7	28,4	29,5	30,9	32,6	33,5	33,7	31,1
Mínimo absoluto	31,3	31,0	30,6	29,9	28,5	27,5	27,1	28,2	29,5	30,9	31,7	31,7	29,9

Na Figura 1 tem-se o demonstrativo da Temperatura máxima da máxima; média da máxima e mínima da máxima para o município de Cabaceiras.

As oscilações das temperaturas máximas das máximas ocorrem nos meses de outubro a fevereiro, as médias da máximas ocorrem nos meses de julho e agosto, as flutuações das temperatura mínima das máximas ocorrem nos meses de outubro a março.

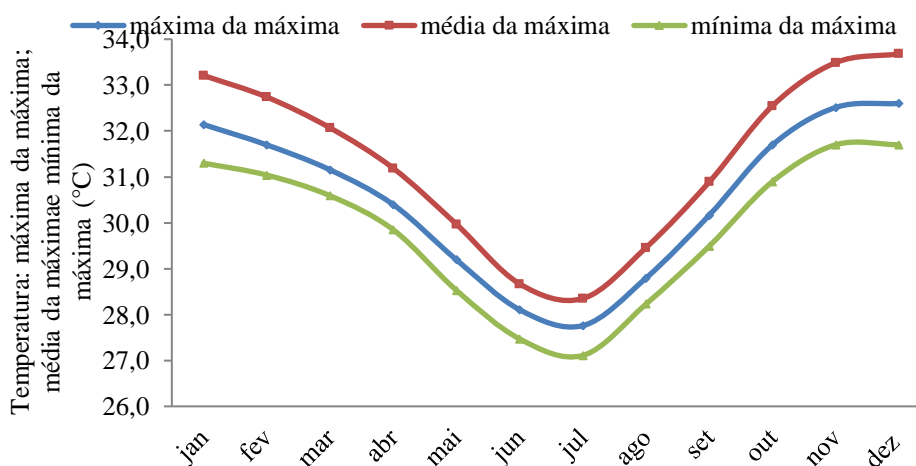


Figura 1. Temperatura máxima da máxima; média da máxima e mínima da máxima para o município de Cabaceiras.

Na Tabela 2 observam-se as variações da temperatura média climatológica, desvio padrão, coeficiente de variância (Coef. Variância), máximo e mínimo absolutos da temperatura mínima do ar para o município de Cabaceiras.

Os dados de temperatura média do ar representativas de Cabaceiras oscilam entre 22,1 °C no mês de julho a 25,3 °C nos meses de dezembro e janeiro, sua temperatura média anual é de 24 °C, o quadrimestre quente ocorre entre os meses de novembro a fevereiro com flutuações entre 25 a 25,3 °C, o quadrimestre frio ocorre nos meses de maio a agosto com flutuações variando entre 22,1 a 23,7 °C. Os desvios padrão e os coeficientes de variância não apresentam variações significativas para os elementos estudados.

Tabela 2. Temperatura média do ar; desvio padrão; Coeficiente de variância; máximos e mínimos valores absolutos para o município de Cabaceiras - PB.

Parâmetros/Mes	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Média	25,3	25,1	24,8	24,5	23,7	22,6	22,1	22,4	23,3	24,3	25,0	25,3	24,0
Desvio padrão	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
Coef. variância	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo absoluto	26,4	26,2	25,7	25,3	24,4	23,2	22,7	23,0	24,0	25,2	25,9	26,4	24,6
Mínimo absoluto	24,5	24,4	24,3	23,9	23,0	22,0	21,5	21,8	22,6	23,5	24,2	24,4	23,4

Na Figura 2 tem-se o demonstrativo da temperatura média da máxima; média da média e média da mínima para o município de Cabaceiras.

As oscilações das temperaturas médias da mínima ocorrem nos meses de julho e agosto, as flutuações das temperatura mínima das máximas ocorrem nos meses de outubro a março e as flutuações médias da média registram-se valores baixos entre os meses de junho a agosto.

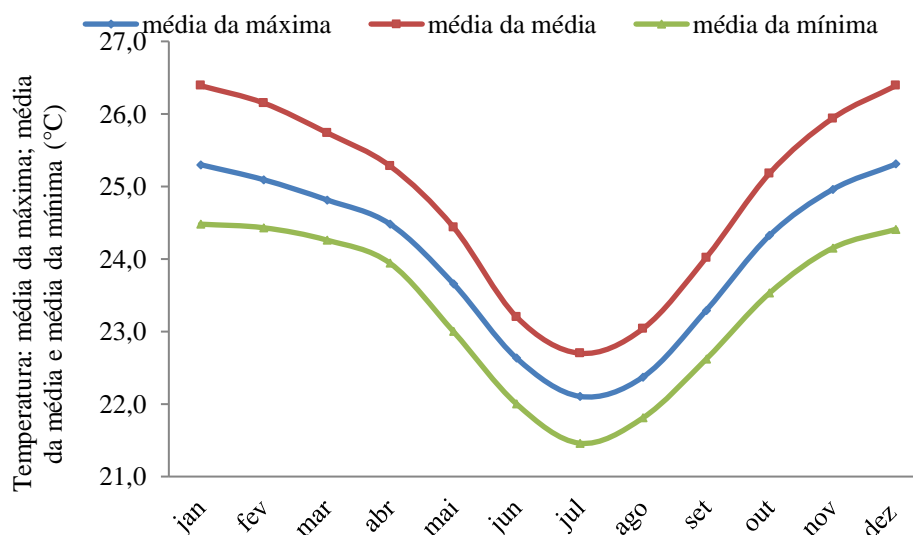


Figura 2. Temperatura média da máxima; média da média e média da mínima para o município de Cabaceiras.

Na Tabela 3 observam-se as variações da temperatura média climatológica, desvio padrão, coeficiente de variância (Coef. Variância), máximo e mínimo absolutos da temperatura mínima do ar para o município de Cabaceiras.

Os dados de temperatura mínima do ar representativas de Cabaceiras oscilam entre 17,9 °C no mês de julho a 20,8 °C no mês de março, sua temperatura média anual é de 19,7 °C, o quadrimestre quente ocorre entre os meses de dezembro a março com flutuações entre 20,6 a

20,8 °C, o quadrimestre frio ocorre nos meses de junho a setembro com flutuações variando entre 17,8 a 18,8 °C. Como a temperatura é inversamente proporcional à umidade relativa do ar assemelha-se ao estudo de Strang (1972). Os desvios padrão e os coeficientes de variância não apresentam variações significativas para os elementos estudados.

Tabela 3. Temperatura mínima do ar; desvio padrão; Coeficiente de variância; máximos e mínimos valores absolutos para o município de Cabaceiras - PB.

Parâmetros/Mes	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Média	20,7	20,8	20,8	20,5	19,8	18,8	17,9	17,8	18,8	19,6	20,1	20,6	19,7
Desvio padrão	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3
Coef. variância	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo absoluto	21,8	21,8	21,7	21,3	20,6	19,4	18,5	18,5	19,6	20,4	21,1	21,7	20,2
Mínimo absoluto	19,9	20,1	20,2	19,9	19,2	18,2	17,3	17,3	18,2	18,8	19,3	19,7	19,1

Na Figura 3 tem-se o demonstrativo da temperatura mínima da máxima; média da mínima e mínima da mínima para o município de Cabaceiras.

As oscilações das temperaturas mínimas da mínimas ocorrem nos meses de julho e agosto, as flutuações das temperatura mínima das máximas ocorrem nos meses de outubro a março e as flutuações médias da média registram-se valores baixos entre os meses de junho a agosto.

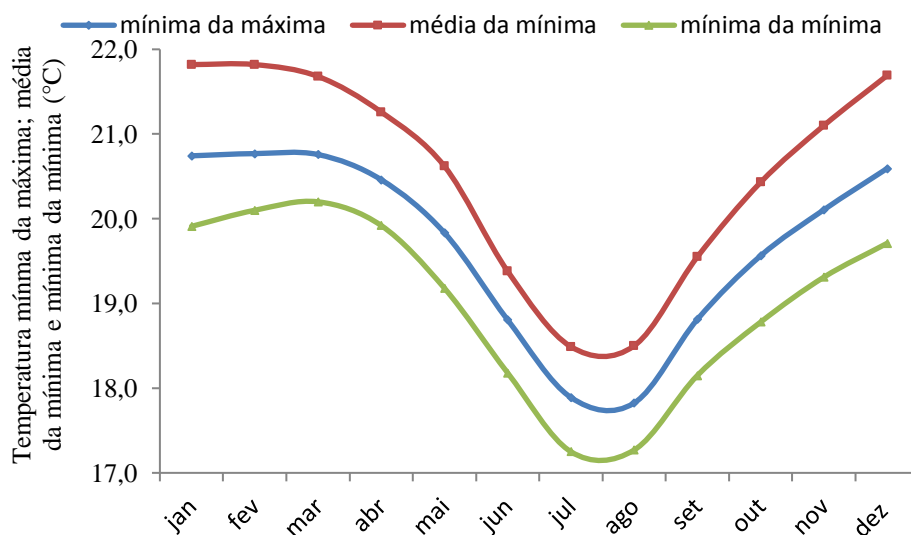


Figura 3. Temperatura mínima da máxima; média da mínima e mínima da mínima para o município de Cabaceiras.

Na Tabela 4 tem-se o demonstrativo das oscilações da precipitação média histórica; desvio padrão; Coeficiente de variância (Coef. Variância); máximos e mínimos valores absolutos para o município de Cabaceiras.

A precipitação média anual é de 338,8 mm, as flutuações mensais ocorrem entre 3,3 mm no mês de outubro a 59,9 mm no mês de março. Seu quadrimestre chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro a maio com flutuações entre 39,2 a 59,8 mm, o quadrimestre seco ocorre entre os meses de setembro a dezembro com flutuações de 3,3 a 9,7 mm. Os desvios padrões apresentam valores que superam as médias históricas com exceção os meses de maio a julho. Os coeficientes de variância não apresentam valores significativos em relação à média histórica. As precipitações máximas absolutas ocorreram em todos os meses e superam as médias climatológicas mensais meses nos meses de outubro a dezembro, estes valores máximos absolutos

ocorrem por ações isoladas de algumas atividades anômalas dos fatores provocadores das precipitações na área de estudo. Observa-se que na precipitação mínima absoluta registra-se o valor zero, ou seja, não ocorreram chuvas mínimas.

Tabela 4. Precipitação histórica média; desvio padrão; Coeficiente de variância; máximos e mínimos valores absolutos para o município de Cabaceiras - PB.

Parâmetros/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Média	23,0	39,2	59,8	59,0	41,9	42,6	36,2	14,7	5,1	3,3	4,3	9,7	338,8
Desvio padrão	40,9	48,6	70,2	62,1	39,7	36,4	33,8	17,7	9,8	12,2	8,8	22,5	198,8
Coef. variância	1,8	1,2	1,2	1,1	0,9	0,9	0,9	1,2	1,9	3,7	2,1	2,3	0,6
Máximo absoluto	279,2	183,8	386,0	271,2	184,8	176,0	154,8	71,0	50,0	91,4	45,0	157,0	775,5
Mínimo absoluto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8

Na Figura 4 tem-se a representações da precipitação média histórica; máximas e mínimas absolutas para o município de Cabaceiras.

A curva a precipitação histórica e de grande flutuação de irregularidade e apresentam seus meses de fevereiro a junho com os maiores índices luviométricos e os meses de agosto a dezembro com os baixos índices luviométricos. As precipitações máximas absolutas ocorreram todos os meses e suas flutuações dependem dos sistemas sinóticos atuante nos períodos chuvosos e secos as precipitações mínimas absolutas foram registradas sem ocorrências de chuva o ano inteiro.

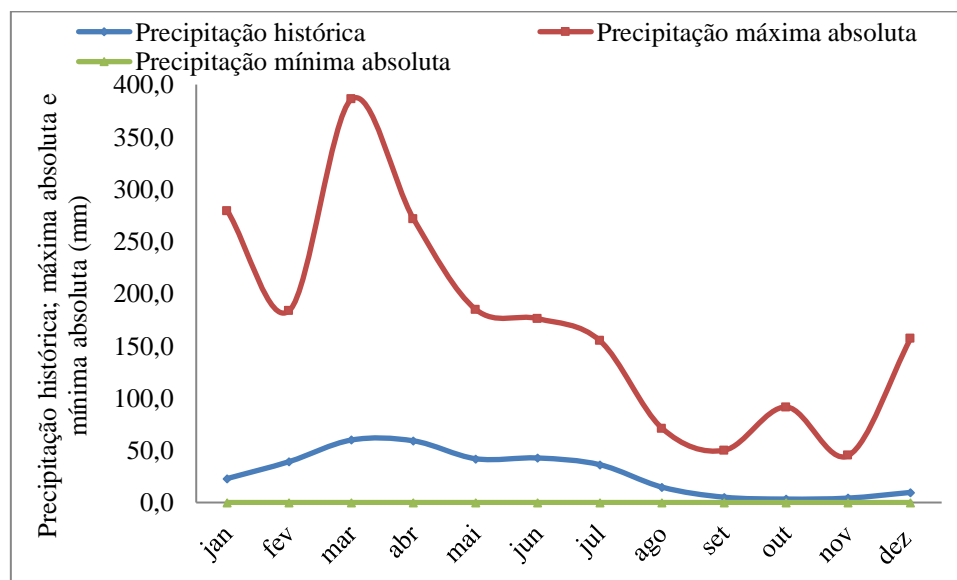


Figura 4. Precipitação histórica média; máximos e mínimos valores absolutos para o município de Cabaceiras.

A Figura 5 representa a distribuição da precipitação média histórica e seus percentuais mensais para o município de Cabaceiras. Os meses de maiores contribuições com representatividade de 83% dos totais anuais das chuvas correspondem os meses de fevereiro a julho e entre os meses de agosto a janeiro as chuvas representam 17% do total anual as quais não contribuem para os plantios e represamentos das águas.

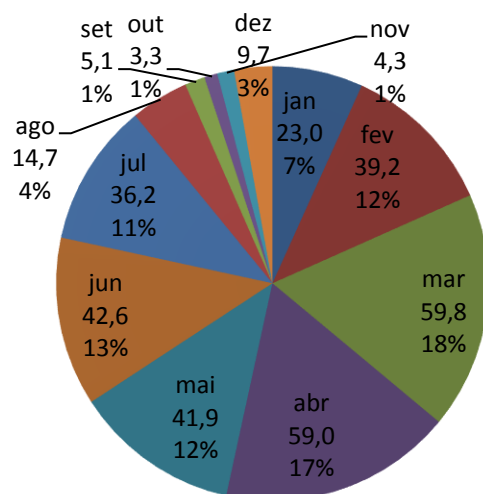


Figura 5. Precipitação média histórica e seus percentuais mensais para o município de Cabaceiras.

Conclusões

Observa-se que durante os meses de maio a junho os totais pluviométricos são elevados.

A distribuição da precipitação pluviométrica ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano.

As flutuações da temperatura média do ar decorrem dos sistemas sinóticos atuantes na época do período chuvoso e do período seco tal como dos impactos no meio ambiente e estas flutuações podem estarem relacionadas com os fatores provocadores e/ou inibidores dos índices pluviométricos interregionais.

EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA

Raimundo Mainar de Medeiros
Edilene Dias Santos
Leandro Fontes de Sousa
Francisco de Assis Salviano Sousa

Introdução

As constantes mudanças no clima estão provocando aumento nas ocorrências de eventos climáticos extremos no mundo inteiro. No Brasil, esses eventos ocorrem, principalmente, como enchentes (fortes chuvas) e secas prolongadas (Marengo et al., 2010). No Nordeste do Brasil (NEB) os impactos são ainda maiores devido à grande variabilidade na ocorrência de precipitação dessa região. Os principais sistemas responsáveis pela ocorrência de precipitação no NEB são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Linha de Instabilidade (LI), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Brisas (Marítima e Terrestres) e as Perturbações Ondulatórias nos ventos Alísios (POAS) (Molion e Bernardo, 2002). O El Niño – Oscilação Sul (ENOS) é outro modo de variabilidade climática que influencia na ocorrência de precipitação do NEB.

Estudos sobre as características intrínsecas dos eventos extremos têm sido alvos de inúmeras pesquisas (Min et al., 2003; Piccarreta et al., 2004; Blain, 2010; Zhai et al., 2010). Neste sentido, o Índice de Precipitação Normalizada (SPI) é amplamente aceito e utilizado pela comunidade científica, por que ele permite determinar a intensidade, o período e a duração de um evento extremo de seca (chuva). Inicialmente McKee et al., (1993) propuseram o índice para quantificar as secas, mas muitos estudos tem utilizado para quantificar eventos de chuva (Wu et al., 2001; Bordi et al., 2004).

Secas prolongadas tornam a água um recurso indisponível e até escasso provocando a migração da população para outras regiões em busca de melhores condições de sobrevivência de vida. A falta de precipitação atrapalha o desenvolvimento da agrícola e a agropecuária trazendo consequências negativas para a economia da região. Nas plantas, a falta de água prejudica o seu desenvolvimento em suas diversas fases de crescimento, principalmente, quando este problema ocorre durante fases fenológicas nas quais elas necessitam de maiores quantidades de água, como, por exemplo, durante a floração e frutificação (Fietz et al., 1998).

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos que apresenta maior variabilidade, tanto em quantidade, quanto em distribuição mensal e anual de uma região para outra (Almeida, 2003). Segundo Aragão (1975), a principal razão da existência do semiárido nordestino é a ausência de um mecanismo dinâmico que provoque movimentos ascendentes.

Os eventos extremos são os principais causadores da maioria dos desastres naturais ocorridos nos últimos anos e têm afetado diretamente a população. Como consequências destes desastres ocorrem perdas de vidas humanas e animal, prejuízos na economia, agricultura, transporte, saúde e moradia além de causar impactos graves aos mais variados ecossistemas.

As fortes chuvas provocam inundações, alagamento, cheias em zonas rural e urbanas, e consequentemente mortes por afogamentos, deslizamentos de terras, desabamentos de prédios entre outros desastres.

Medeiros et al., (2014) Analisaram-se as ocorrências de eventos extremos de precipitação em Campina Grande, com dados diários de precipitação que compreende os anos de 1970 – 2010. Os eventos extremos analisados foram os de maior intensidade de precipitação diária para os anos estudados. Os resultados mostraram que houve mudança no comportamento das ocorrências de precipitação a partir da década de 70 na área de estudo. Ocorreu intensificação

na precipitação máxima apresentando maior número de eventos com valores de precipitação superior a 80 mm. Não houve, de modo geral, relação direta entre a intensificação na precipitação e ocorrências com eventos de ENOS. Eventos extremos foram evidentes entre os meses da estação chuvosa, com 88% das ocorrências e 12% na estação seca.

Medeiros (2012) analisou a climatologia da precipitação no município de Bananeiras - PB, no período de 1930-2011 como contribuição à Agroindústria e constatou que os índices pluviômetros são essenciais à sustentabilidade agroindustrial.

Marengo et al., (2010) ao fazer uma comparação de eventos extremos observados e simulados de precipitação e temperatura durante a última metade do século XX, verificaram que no período analisado houve evolução positiva dos eventos de precipitação extrema (R50 mm) no sudeste da América do Sul, Central Norte da Argentina, noroeste do Peru e Equador, enquanto tendências negativas são verificadas no sul do Chile.

De maneira geral, pode-se dizer que o aquecimento global, em um futuro próximo, tende a apresentar um cenário de clima mais extremo, com maiores ocorrências de estiagens e inundações. Logo, é importante saber a frequência e a intensidade com que esse fenômeno meteorológico vem ocorrendo nas últimas décadas.

Materiais e métodos

Dados diários de precipitação pluviométrica que compreende os anos de 1926 - 2012 foram fornecidos pela Agencia Executiva de Gestão de Águas da Paraíba (AESAs) e pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990).

As análises estatísticas dos dados foram desenvolvidas por planilhas eletrônicas. Avaliou-se a ocorrência dos eventos extremos de precipitação de maior intensidade em cada ano, como também o dia de sua ocorrência.

A análise das características de eventos extremos com os eventos de ENOS - El Niño Oscilação Sul (Tabela 1) foi realizado pela classificação dos anos, em anos de ocorrência de um evento de El Niño e anos de ocorrência de um evento de La Niña, da série de estudo.

Resultados e discussão

No diagnóstico dos eventos extremos de precipitação do período de 1926-2012 para o município de Cabaceiras - Paraíba (Figura 1) demonstra que na década de 90 ocorreu maior variabilidade com índices de precipitação variando, eventos extremos foram registrados em diversos anos e sua intensidade é aleatória e dependeram dos sistemas atmosféricos atuantes.

Destaca-se que para a década 2000 as chuvas extremas registradas foram mais intensas que nas demais décadas pacatas. As precipitações extremas registradas no ano 2000 foram assim observadas: 2000 em 14/02 com 52 mm; 2001 no dia 27 de junho com 44,2 mm; 2002 no dia 15/02 com 172 mm; no ano de 2003 no dia 14 de maio com 82,2 mm; em 2004 para o dia 04 de fevereiro com 80,3 mm; no ano de 2005 no dia 19 de março com 53,2 mm; 2006 no dia 16 de fevereiro com 62,2; ano 2007 em 1 de março com 53,3 mm; 2008 em 18 de março com 218,2; 2009 em 24 de fevereiro com 82,2; 2010 em 18 de junho com 57,1 mm e 2011 em 2 de março com 50,3

Notou-se também que ocorreu relação direta entre a intensificação na precipitação e ocorrências com eventos de ENOS (Figura 3) em alguns anos a relação foi constatada. Em geral, no nordeste os ENOS alteram os totais pluviométricos da região e também a ocorrência de períodos secos (Carvalho, 2009). Eventos extremos de precipitação são mais evidentes entre os meses da estação chuvosa que se estende de fevereiro a junho, (Tabela 1), que representam a distribuição de eventos extremos distribuídos dentro do mês do período de 1926 a 2012. Esses eventos apesar de não serem tão frequentes possuem grande quantidade de água que é suficiente para proporcionar grandes estragos e prejuízos locais.

Tabela 1. Representação dos números de ocorrência mensais de eventos extremos da máxima precipitação anual durante o período de 1926 a 2012 em Cabaceiras - PB.

Meses	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	Nov	dez
N. eventos	6	23	30	15	8	9	6	1	1	0	1	1

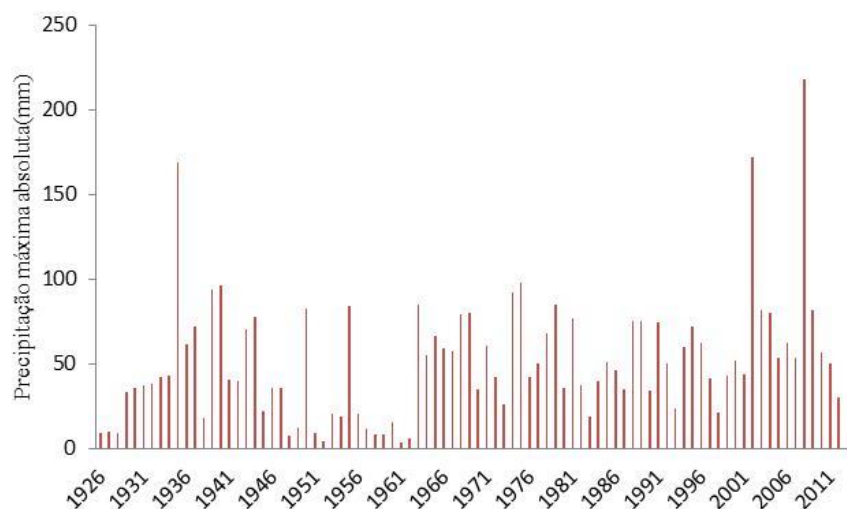


Figura 1. Precipitação máxima anual (mm) durante o período de 1926 a 2012 em Cabaceiras.

Tabela 2. Período, Classificação (Classif.) e Intensidade (Intensid.) do El Niño e La Niña – Oscilação Sul no período de 1926 a 2012.

Período	Classif.	Intensid.	Período	Classif.	Intensid.	Período	Classif.	Intensid.
1886	La Niña	Forte	1877-1978	El Niño	Forte	1972-1973	El Niño	Forte
1924-1925	La Niña	Moderada	1888-1889	El Niño	Moderado	1976-1977	El Niño	Fraco
1928-1929	La Niña	Fraca	1896-1897	El Niño	Forte	1977-1978	El Niño	Fraco
1938-1939	La Niña	Forte	1899	El Niño	Forte	1979-1980	El Niño	Fraco
1949-1951	La Niña	Forte	1902-1903	El Niño	Forte	1982-1983	El Niño	Forte
1954-1956	La Niña	Forte	1905-1906	El Niño	Forte	1986-1988	El Niño	Moderado
1964-1965	La Niña	Moderada	1911-1912	El Niño	Forte	1990-1993	El Niño	Forte
1970-1971	La Niña	Moderada	1913-1914	El Niño	Moderado	1994-1995	El Niño	Moderado
1973-1976	La Niña	Forte	1918-1919	El Niño	Forte	1997-1998	El Niño	Forte
1983-1984	La Niña	Fraca	1923	El Niño	Moderado	2002-2003	El Niño	Moderado
1984-1985	La Niña	Fraca	1925-1926	El Niño	Forte	2004-2005	El Niño	Fraco
1988-1989	La Niña	Forte	1932	El Niño	Moderado	2006-2007	El Niño	Fraco
1903-1904	La Niña	Forte	1939-1941	El Niño	Forte	2009-2010	El Niño	Fraco
1909-1910	La Niña	Forte	1946-1947	El Niño	Moderado	2010-2011	El Niño	
1995-1996	La Niña	Fraca	1951	El Niño	Fraco	2011-2012	El Niño	
1998-2001	La Niña	Moderada	1953	El Niño	Fraco	2012-2013	El Niño	
2007-2008	La Niña	Forte	1957-1959	El Niño	Forte	2013-2014	El Niño	
			1963	El Niño	Fraco			
			1965-1966	El Niño	Moderado			
			1968-1970	El Niño	Moderado			

Fonte: Monthly Weather Review

Na Tabela 3 tem-se a representatividade dos anos, dias/mês e índices de ocorrência da máxima precipitação anual durante o período de 1926 a 2014 em Cabaceiras - PB. Os valores dos índices foram retirados dos dados diários de precipitações registrados e com o seu maior valor de cada ano.

Tabela 3. Representação dos anos, dias/mês e índices de ocorrência da máxima precipitação anual durante o período de 1926 a 2012 em Cabaceiras - PB.

Ano	Dia/Mês	Índices	Ano	Dia/Mês	Índices	Ano	Dia/Mês	Índices
1926	25/mar	9,6	1956	19/mar	20,2	1986	02/fev	46,2
1927	24/fev	9,9	1957	14/mar	11,4	1987	21/mar	35
1928	30/nov	9,5	1958	11/jun	8,6	1988	25/fev	75
1929	15/mar	33,4	1959	10/jun	8,4	1989	18/abr	75
1930	25/jun	36,2	1960	25/mar	16	1990	13/jul	34
1931	22/abr	37,8	1961	13/jan	3,6	1991	29/mar	74,6
1932	05/jul	38,5	1962	12/mai	6,3	1992	04/abr	50
1933	08/abr	42,5	1963	28/fev	85	1993	13/jul	24
1934	09/mar	43,1	1964	24/mai	55	1994	20/fev	60
1935	31/mar	169,3	1965	13/jan	66,5	1995	26/mar	72,2
1936	11/fev	62	1966	12/abr	59	1996	07/abr	62,2
1937	07/abr	72	1967	23/mar	58	1997	23/mar	41,3
1938	04/mar	18	1968	24/jan	79,5	1998	29/mar	21,2
1939	31/mai	94	1969	04/abr	80	1999	15/mar	43,2
1940	25/fev	96	1970	25/abr	35	2000	14/fev	52
1941	05/mar	40,5	1971	08/abr	60,6	2001	27/jun	44,2
1942	20/jul	39,6	1972	12/fev	42	2002	15/fev	172
1943	01/fev	70,6	1973	03/ago	26,1	2003	04/mai	82,2
1944	17/jan	77,5	1974	15/abr	92	2004	04/fev	80,3
1945	18/jun	22	1975	04/dez	98	2005	19/mar	53,2
1946	04/mar	36	1976	12/fev	42,5	2006	16/fev	62,2
1947	24/jan	36	1977	19/set	50	2007	01/mar	53,3
1948	18/mai	8	1978	09/abr	68	2008	18/mar	218,2
1949	09/fev	12,5	1979	25/abr	85,2	2009	24/fev	82,2
1950	29/mai	83	1980	13/fev	35,5	2010	18/jun	57,1
1951	27/mai	9	1981	27/jan	77	2011	02/mar	50,3
1952	16/mar	4,3	1982	01/jun	37,4	2012	20/fev	30,5
1953	12/abr	20,3	1983	15/jun	18,5			
1954	04/mar	19,3	1984	19/mai	40			
1955	09/mar	84,5	1985	22/mar	50,9			

Observa-se que a atuação dos eventos extremos para a área de estudo são mais frequentes nos meses de março, fevereiro e abril,

Conclusões

Ocorreu uma relação direta entre a intensificação na precipitação e ocorrências com eventos de ENOS. Destacando que em certo ano perceberam-se as influências do ENOS.

Eventos extremos de precipitação foram mais evidentes entre os meses da estação chuvosa com 91% das ocorrências e apenas 8% foram observados na estação seca.

Mudança no comportamento dos índices pluviométricos na década de 90 foi constatada com variabilidade espaço-temporal na intensificação da precipitação máxima anual apresentando maior número de eventos com valores de precipitação igual ou superior a 50 mm. Com exceção os anos de 1998 e 1993.

As ocorrências de chuvas extremas foram mais atuantes no mês de março, seguido dos meses de fevereiro e abril para todo o período em estudo.

Introdução

O clima exerce grande influência sobre o ambiente, atuando como fator de interações entre componentes bióticos e abióticos. O clima de toda e qualquer região, situada nas mais diversas latitudes do globo, não se apresenta com as mesmas características em cada ano (SORIANO, 1997). Em região de clima de áreas próximas contrastantes (de um lado chuvoso do outro semiárido) como o Nordeste do Brasil (NEB), o monitoramento da precipitação, principalmente durante o período chuvoso é muito importante para tomada de decisões que tragam benefício para população. Um bom monitoramento da precipitação pluviométrica é uma ferramenta indispensável na mitigação de secas, enchentes, inundações, alagamentos (Paula et al. 2010).

Dentre os elementos do clima de áreas tropicais, a precipitação pluviométrica é o que mais influencia a produtividade agrícola (Ortolani e Camargo, 1987), principalmente nas regiões semiárida, onde o regime de chuvas é caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade (Santana et al. 2007), em função disto a sazonalidade da precipitação concentra quase todo o seu volume durante cinco a seis meses no período chuvoso (Silva, 2004).

O clima é definido como sendo o conjunto de condições meteorológicas (temperatura do ar, pressão atmosférica, ventos (direção e velocidade), umidade relativa do ar, evaporação, insolação e precipitação), características do estado médio da atmosfera, em um dado ponto da superfície terrestre.

Os inventários de recursos climáticos para fins de zoneamento agrícola e estudos de produtividade das plantas, baseiam-se primariamente na quantificação de condições de temperatura e umidade, obtidas em estações terrestres de monitoramento. Além dessas informações, o conhecimento das precipitações pluviométricas é indispensável para se compreender e controlar o ciclo natural da água, devido aos fluxos de massa e energia a ela associados. O impacto econômico e social resultante está ligado às consequências de suas manifestações externas, como inundações, desestabilização de encostas, épocas secas e por envolver necessidades crescentes de conhecimento do comportamento da água no planejamento do desenvolvimento da economia energética, rural e urbana (Huntzinger e Ellis, 1993; Seiffert, 1996).

O impacto econômico e social resultante está associado às consequências de suas manifestações extremas, como inundações, alagamentos, enchentes, cheias e secas. Vem surgindo nas últimas décadas um grande interesse sobre a climatologia e suas aplicações do ponto de vista global e suas variações espacial e temporal, resultante da conscientização de que a atuação humana vem exercendo uma influência poderosa sobre as camadas baixas da atmosfera, através de práticas que promovem um aquecimento global (efeito estufa) e do impacto da atividade humana sobre a camada de ozônio.

Muitos estudos recentes sobre informações hidrológicas, climatológicas, agroecológicas e agroclimáticos destinados à criação de modelos cognitivos extrapolados em modelos de bacias ou microbacias hidrográficas que levam em conta, os estudos agroclimáticos, a topografia, declividade do terreno, solos e cobertura vegetal.

Este estudo se constitui em uma análise do clima e das disponibilidades dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do município de Cabaceiras.

Estudos do monitoramento do clima, inicialmente voltados para a previsão do tempo (meteorologia) e zoneamento agroclimático, passaram recentemente a incorporar os temas li-

gados às mudanças climáticas globais, visando o entendimento do sistema terrestre com profundidade. Neste sentido, estudos sobre o comportamento das variáveis climáticas locais, trazem uma contribuição importante, porque as atividades humanas têm modificado o ambiente, resultando em notáveis modificações no fluxo de energia, dentro do sistema climático regional, mas com reflexos globais (Barreto e Curtis 1992).

Materiais e métodos

O estudo foi realizado através do levantamento dos elementos do clima e dos recursos hídricos. Para a caracterização climática foram utilizados dados meteorológicos e suas análises, tais como série pluviométrica referente aos anos de 1926 a 2011; valores observados de insolação média mensal; estimativas das temperaturas pelo método de regressão linear múltipla, calculadas em função da latitude, longitude e altitude pelo software Estima_T disponível no site da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (DCA-UFPG).

A evapotranspiração potencial e a evaporação real foram estimadas a partir da fórmula de Thornthwaite e Mather (1955), por ser uma das equações que melhor explica o fenômeno no semiárido do Nordeste do Brasil.

A cobertura de nuvens e a umidade relativa do ar foram interpoladas das estações meteorológicas dos municípios circunvizinhos. A direção e velocidade do vento, estimadas pela escala Beaufort, também foram interpoladas levando em consideração o relevo. O balanço hídrico foi estimado pelo software Balanço Hídrico (Centelhas et al., 1999).

Resultados e discussão

Na Tabela 1 pode-se observar o comportamento da precipitação em termos de médias mensais históricas e os valores máximos absolutos e mínimos absolutos ocorridos no município no período 1926-2011. Observa-se que os totais mensais médios de chuva variaram entre 3,4 mm em outubro e 60,2 mm no mês de abril. O quadrimestre mais chuvoso são os meses de março (59,8 mm), abril (60,2 mm), maio (42,3 mm) e junho (43,5 mm), o que representa 205,8 mm (4 meses)⁻¹, ou 61,1% do total anual, enquanto o quadrimestre menos chuvosos ocorrem de setembro a dezembro com um total pluviométricos nos quatro meses de apenas 21,7%, que representa 6,4% do total médio anual. O valor mínimo absoluto do total anual de chuva registrado foi de 3,6 mm. O valor total anual máximo absoluto de ocorrências de chuvas registrados na área de estudo foi de 775,5 mm ano⁻¹. Os valores totais mensais absolutos máximos observados oscilaram entre 45,0 mm/mês (novembro) e 386,0 mm mês⁻¹ (março), ou seja, uma variabilidade temporal reativamente elevada.

Tabela 1. Valores médios mensais das precipitações médias, máximas e mínimas observadas no período de 1926 a 2011, para o município de Cabaceiras.

Meses	Precipitação média (mm)	Precipitação máxima observada (mm)	Precipitação mínima observada (mm)
Janeiro	23,0	279,2	0,0
Fevereiro	39,2	183,8	0,0
Março	59,8	386,0	0,0
Abril	60,2	271,2	0,0
Maio	42,3	184,8	0,0
Junho	43,5	176,0	0,0
Julho	36,8	154,8	0,0
Agosto	14,9	71,0	0,0

Setem- bro	5,2	50,0	0,0
Outubro	3,4	91,4	0,0
Novem- bro	3,8	45,0	0,0
Dezem- bro	9,3	157,0	0,0
Anual	336,6	775,5	3,6

O período chuvoso inicia-se no mês de fevereiro com chuva de pré-estação e prolonga-se até o mês de julho, o que se destaca é a frequência de irregularidade nas distribuições dos índices pluviométricos entre os meses (Tabela 1) e anos (Figura 1).

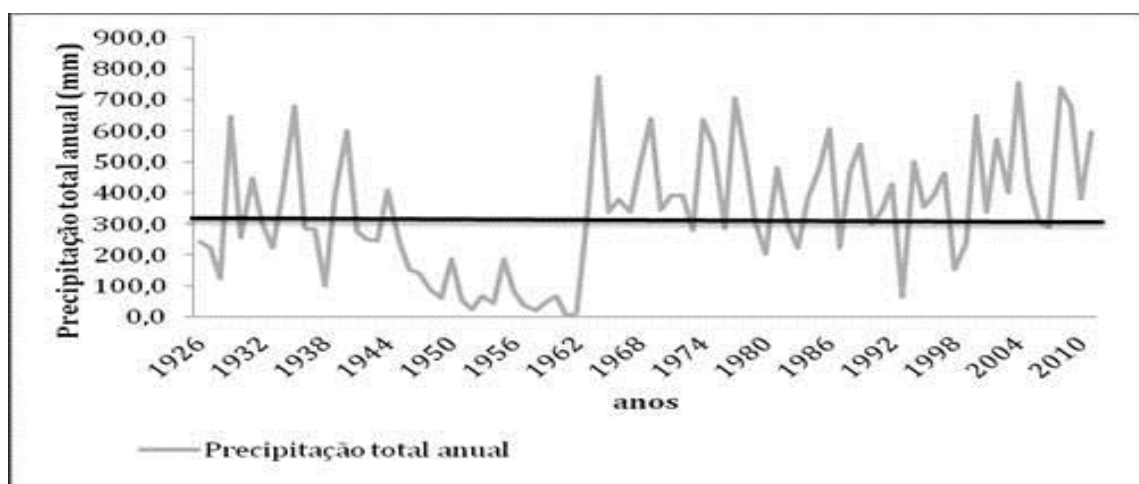


Figura 1. Flutuações anuais da precipitação histórica para o município de Cabaceiras.

Na Figura 1 observa-se a variação dos totais anuais das chuvas climatológicas para o período de 1926-2011, onde se pode constatar que a média anual histórica é de 336,6 mm com 86 anos de observações. Durante o período analisado ocorreu grande variabilidade dos totais anuais de chuva podendo ser observada como nos anos de 1961 (3,6 mm) e 1962 (10,7 mm) e o ano de 1964 (775,5 mm), onde apresentaram os menores e maiores índices pluviométricos. O município apresenta uma série de 42 anos com precipitações abaixo da média histórica e 44 anos com índices pluviométricos acima da média.

A análise da série de dados de 1926 a 2011 possibilitou verificar um comportamento caracterizado por uma má distribuição das chuvas, definindo um período de grande escassez nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro e um período chuvoso entre fevereiro e julho no qual as chuvas situam-se próximo de 281,8 mm (6 meses)⁻¹ (Tabela 1), representando aproximadamente 84% do total anual. As precipitações mais intensas ocorrem entre março a junho.

A variabilidade temporal da evapotranspiração potencial e da evaporação real podem ser observadas na Figura 2, onde demonstra suas flutuações mensais, observa-se que nos meses de agosto a janeiro a evaporação real oscilam abaixo de 20,0 mm e nos meses de junho a setembro os valores da evapotranspiração potencial oscilam entre 80,0 a 100,0.

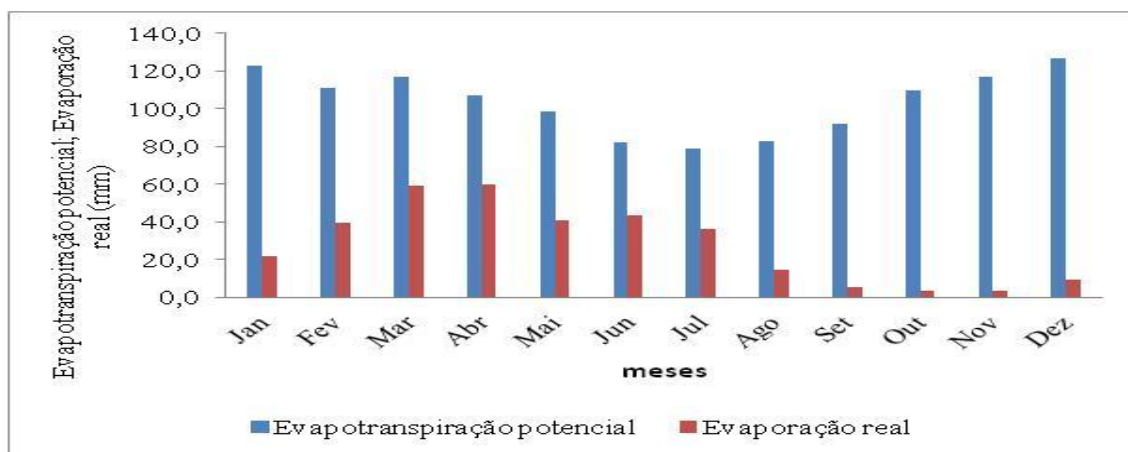


Figura 2. Flutuações mensais da evapotranspiração potencial e evaporação real, para o município de Cabaceiras.

A evapotranspiração, fenômeno de transferência de água e de calor latente para a atmosfera, é um importante parâmetro para se relacionar à dinâmica da atmosfera ou o clima do Nordeste já que, nestas regiões, a taxa de evapotranspiração é alta, causando adaptações do solo e da cobertura vegetal (Silva, 1977). As temperaturas na região nordeste são elevadas, a umidade relativa do ar é baixa e as precipitações pluviométricas são inferiores a evapotranspiração potencial caracterizando um acentuado déficit hídrico.

A quantificação de atributos ligados à temperatura possibilita a definição do regime de temperaturas prevalentes, indicativo para a adaptabilidade de cultivos e criações, previsão de épocas de plantio e previsão de safras. Braga e Silva (1990) e Braga (1992) citado por Seiffert (1996), os modelos de previsão das principais fenofases de cultivos agrícolas, indicam que as variáveis climáticas energéticas são efetivamente decisivas no desencadeamento da reprodução vegetal.

A Figura 3 demonstra o comportamento das flutuações das temperaturas máximas, mínimas, médias e da amplitude térmica para o período compreendido entre 1950 a 2010. As variações dos índices da temperatura máxima, sendo o menor valor de 27,8 °C em julho e a o maior valor 32,6 °C em dezembro, com uma taxa anual de 23,5 °C. A temperatura mínima anual é de 19,7°C, com oscilações fluando entre 17,8 °C no mês de agosto a 20,8 °C nos meses de fevereiro e março. Cabaceiras têm uma temperatura média anual de 24,0°C e suas flutuações mensais oscilam entre 22,1 a 25,3 °C, as amplitudes térmicas mensais fluam entre 9,3 a 12,4 °C com uma taxa anual de 10,8°C.

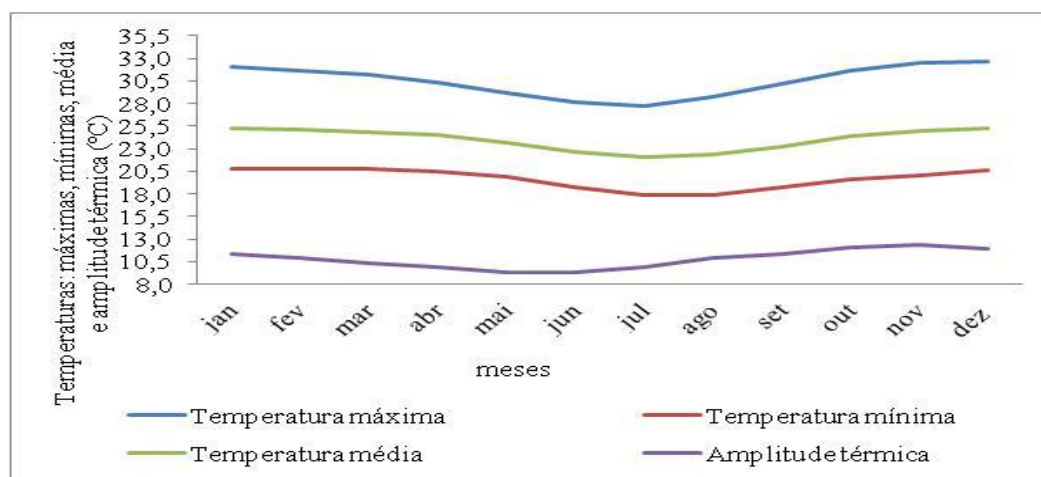


Figura 3. Flutuações mensais das temperaturas: máximas, mínimas, média e amplitude térmica para o município de Cabaceiras, no período de 1950-2010.

A variabilidade mensal e anual da umidade relativa do ar pode se observada na Figura 4, onde os máximos de umidade relativa do ar ocorrem nos meses de abril a julho e nos meses de setembro a novembro os menores índices de umidade relativa do ar.



Figura 4. Flutuações mensais da umidade relativa do ar para Cabaceiras.

A velocidade média do vento esta representada na Figura 5, onde nos demonstram a sua variabilidade mensal, observa-se que nos meses de março a julho ocorre a menor intensidade de vento e nos meses de agosto a fevereiro as maiores intensidade de vento são registradas, salienta-se que devido à flutuação da pressão atmosférica podem ocorrer formações de redemoinho durante os meses de velocidades altas, espera também nesta época rajadas de ventos superiores a 15 m/s em área isoladas.

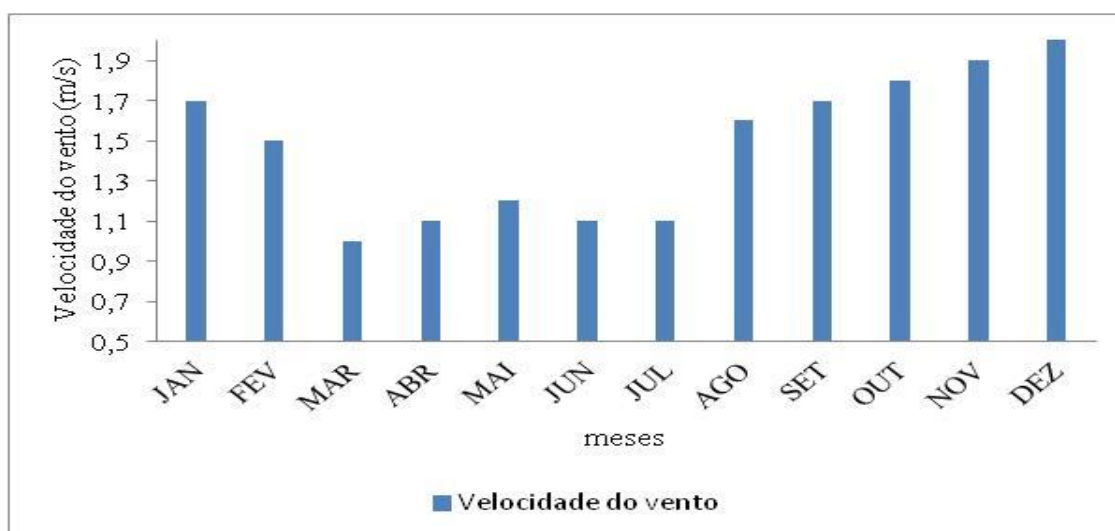


Figura 5. Flutuações mensais da velocidade do vento para o município de Cabaceiras.

A flutuação da insolação total no município pode ser observada na Figura 6, onde nota-se a variabilidade deste elemento mês a mês, os menores índices de insolação total acontecem nos meses de abril a setembro, e os maiores índices de insolação são registrados nos meses de outubro a março.

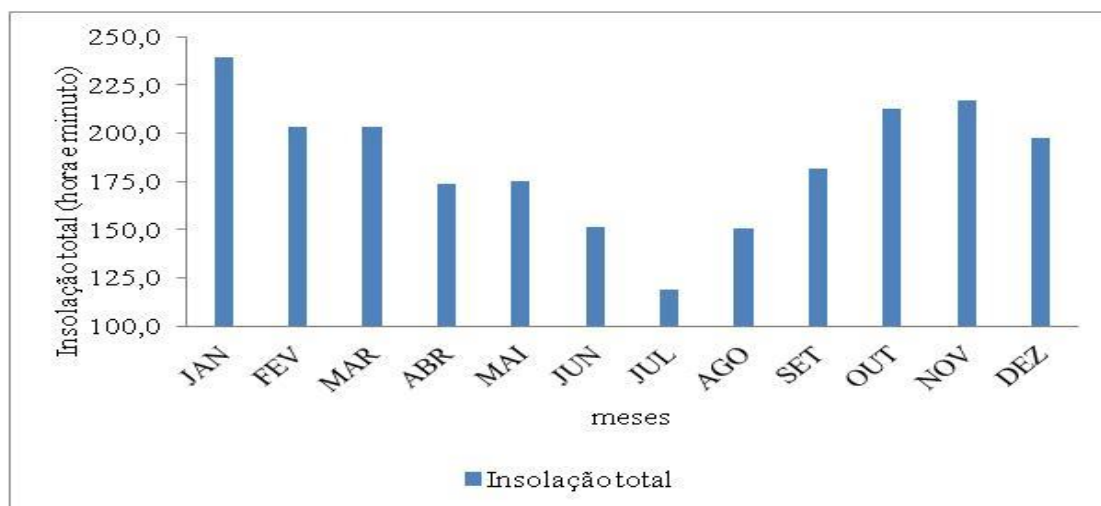


Figura 6. Flutuações mensais da insoiação total, para Cabaceiras.

Os dados de quantificação da insoiação total são necessários para o desenvolvimento de estudos agrometeorológicos (ramo da meteorologia aplicada que investiga respostas dos organismos vivos ao meio atmosférico), cujo objetivo busca é obter uma melhor integração dos cultivos agrícolas aos recursos climáticos.

Particularmente o seu efeito sobre o comportamento do desenvolvimento vegetal no que se refere à fotossíntese, evapotranspiração, fisiologia de plantas e desenvolvimento de pragas e doenças. Mais recentemente, os dados sobre insoiação total vêm sendo avaliados com grande interesse quanto a seus efeitos adversos sobre plantas, animais e seres humanos, causados pela radiação ultravioleta em função da redução da camada de ozônio (Barret e Curtis 1992).

A Figura 7 mostra as flutuações de cobertura de nuvens, seguindo basicamente o comportamento inverso da insoiação total, no período de março a julho tem-se cobertura de nuvens máximas e nos demais meses a cobertura de nuvens oscilam devido à flutuação dos centros de pressões.

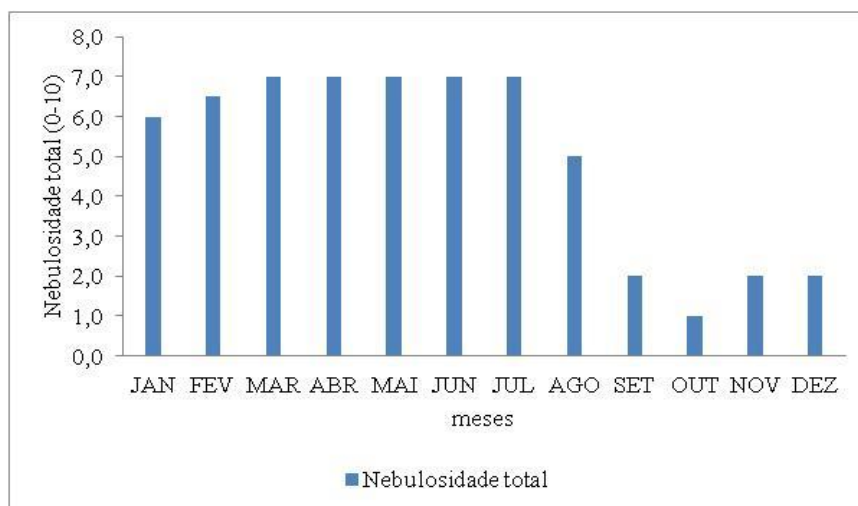


Figura 7. Flutuações mensais da nebulosidade total, para o município.

Bacia hidrográfica, águas superficiais e de subsolo

A bacia hidrográfica do Açude Epitácio Pessoa está localizada na região Nordeste do Brasil, no estado da Paraíba, Figura 8, nas coordenadas geográficas situada entre os paralelos de 6,861° e 8,303° de latitude sul e os meridianos de 36,021° e 37,356° de longitude oeste, representativa a parte central do Estado da Paraíba. Contida na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba,

na sub-bacia do rio Taperoá e na Região do Alto Curso do Rio Paraíba, estendendo-se pela mesorregião geográfica da Borborema, cobrindo uma área total 12.385,64 km², e que representa 21,9 % de toda a área territorial do estado da Paraíba, IBGE (1995), sendo responsável pelo abastecimento hídrico de aproximadamente 350.000 habitantes na cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba, Medeiros e Medeiros (2000).

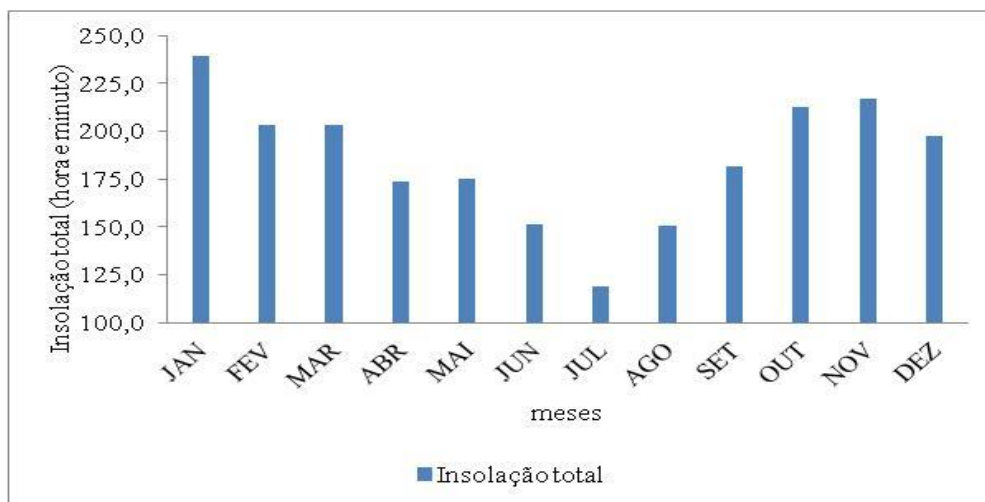


Figura 8. Flutuações mensais da insolação total, para o município Cabaceiras.

Nas sub bacias, a do Rio Taperoá e Alto Curso do Rio Paraíba, observam-se características climáticas muito semelhantes entre si. De acordo com o clima da região, o ciclo pluviométrico se mostra curto e irregular, tanto espacialmente, quanto temporalmente, resultado de um clima predominantemente semiárido. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo BSw^h, isto é, semiárido quente, Varejão Silva et. al. (1987).

As condições climáticas pluviométricas da região apresentam em seu ciclo anual de um modo geral os períodos definidos, Figura 9, sendo o mais longo seco e intercalado por um período de chuvas muito curto e irregular. A estação seca (ausência de chuvas), de um modo geral, estende-se em torno de oito meses do ano em períodos normais, ou às vezes mais longos em períodos de estiagem.

Drenando uma área de 20.071,83 km², a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba é um dos sistemas hidrográficos mais importantes do semiárido nordestino, totalmente incluída em território paraibano. Trata-se, pois, de uma bacia tipicamente de domínio estadual, SEMARH - Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (2003), Figura 10.

A bacia integra as mesorregiões da Borborema, Agreste Paraibano e Litoral Paraibano e é composta pelas sub-bacias do rio Taperoá e as correspondentes as regiões do Alto, Médio e Baixos Cursos do Rio Paraíba.

As nascentes do rio ficam na mesorregião da Borborema, microrregião do Cariri Ocidental, nas proximidades do município de Sumé, no ponto de confluência dos rios do Meio e Sucurú. A desembocadura no Oceano Atlântico se situa na altura do município de Cabedelo.

Situada na parte sudoeste do Planalto da Borborema, a região do Alto Curso do Rio Paraíba se situa entre as latitudes 7,347^o e 8,303^o Sul e entre as longitudes 36,128^o e 37,356^o a Oeste de Greenwich.

Limita-se ao sul e a oeste com o Estado de Pernambuco, e ao norte e a leste com a bacia do Taperoá e a região do Médio Curso do Rio Paraíba.

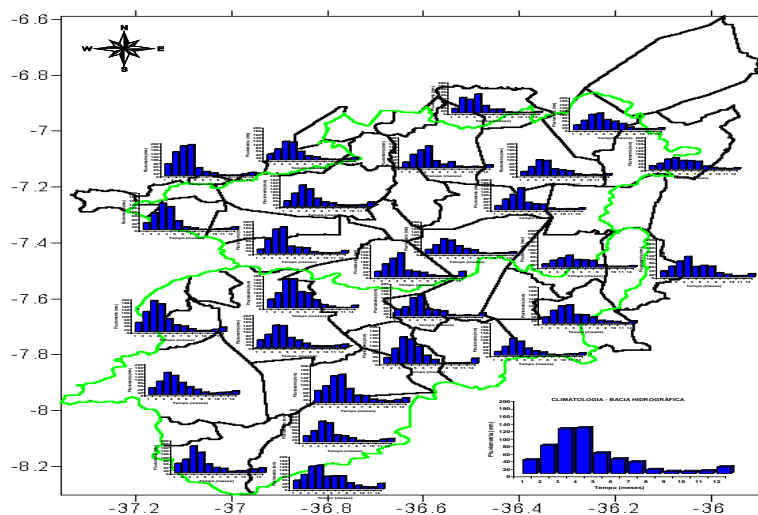


Figura 9. Mapa de distribuição espacial das médias pluviométricas mensais sobre a bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão).

Nela estão inseridos total ou parcialmente os municípios: Amparo, Barra de São Miguel, Boqueirão, Cabaceiras, Camalaú, Caraúbas, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São Domingos do Cariri, São João do Cariri, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé e Zabelê.

Drena uma área de 6.717,39 km² e possui como principal rio o Paraíba. Encontra-se com as regiões do Médio e Baixo Curso do Rio Paraíba, indo desaguar no Oceano Atlântico no município portuário de Cabedelo. Além disso, recebe as contribuições dos rios Monteiro e Umbuzeiro.

A sub-bacia do Rio Taperoá se situa na parte central do Estado da Paraíba, conformando-se sob as latitudes 6,863^o e 7,576^o Sul e entre as longitudes 36,167^o e 37,023^o Oeste. Faz parte do sistema drenagem do conjunto Rio Paraíba (Sub bacia do Taperoá e Regiões do Alto, Médio e Baixo Curso do Rio Paraíba).

Limita-se com as sub bacias do Espinharas e do Seridó a oeste, com a região do Alto Curso do Rio Paraíba ao sul, com as bacias do Jacu e Curimataú ao norte, e com a região do Médio Curso do Rio Paraíba a leste.

Seu principal rio é o Taperoá, de regime intermitente que nasce na Serra do Teixeira e desemboca no rio Paraíba, no Açude de Boqueirão (Açude Presidente Epitácio Pessoa). Drena uma área aproximada de 5.668,25 km². Recebe contribuições de cursos da água como os rios São José dos Cordeiros, Floriano, Soledade e Boa Vista e dos riachos Carneiro, Mucum e da Serra.

A Sub bacia do Rio Taperoá e Alto Curso do Rio Paraíba apresentam setores ondulados, forte ondulado e algumas áreas também montanhosas. As variações hipsométricas da topografia assumem altitudes consideradas relevantes, nas quais os pontos culminantes atingem a cotas acima de 600 metros.

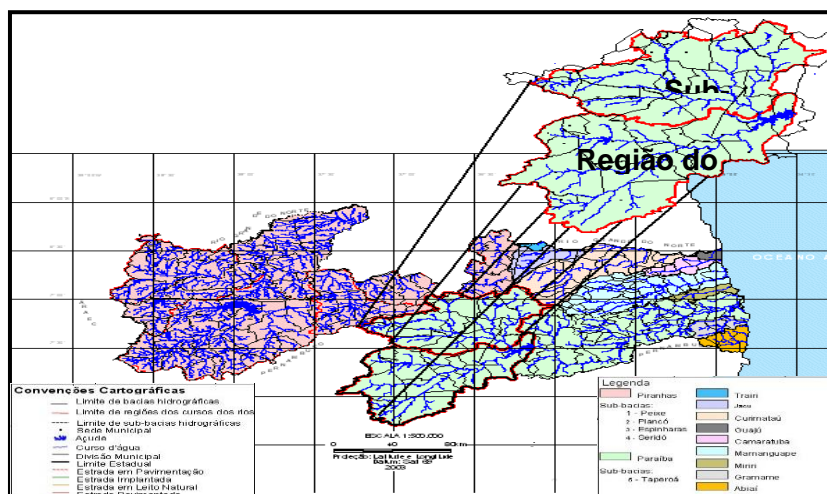


Figura 10. Mapa do estado da Paraíba, dividido por bacias hidrográficas, com ênfase para região da bacia hidrográfica do Açude Epitácio Pessoa, SEMARH (2003).

Essa região é formada por rochas do período pré-cambriano. O tipo de solo predominante na região da sub bacia do Taperoá e da Região do Alto Curso do Rio Paraíba é do tipo Bruno Não Cálculo de pouca espessura, que cobre todo cristalino existente na área de abrangência, com a presença de Litólicos, Solonetz Solodizado, Regossolos e Cambissolos.

Sob o ponto de vista toxonômico, a bacia apresenta uma associação de solos Litólicos, Solonetz Solodizado, Regossolos e Cambissolos e afloramentos. Os solos Litólicos predominam com relação aos outros, tornando a bacia quase que impermeável.

Siqueira (1964) constata a ocorrência de fendas e fissuras, mas na maioria não são interligadas em rede, impossibilitando o fluxo e favorecendo a salinização das águas subterrâneas, Dentro desse universo de rochas cristalinas ocorrem pequenas “ilhas” de rochas sedimentares, as denominadas bacias interiores, como as bacias do Araripe, Rio do Peixe e Iguatu, entre outras, as quais, tendo em vista as condições favoráveis para a ocorrência de água subterrânea, tornam-se muito importantes para a região com relação à questão hídrica.

As vazões dos poços são bastante modestas, ou seja, inferiores a 3,25 m³/h para rebaiamento do nível da água de 25 metros, com capacidade específica 47 inferior a 0,13 m³/h/m, em média. Além disso, as águas do subsolo são, em geral, salinizadas com valores totais de sais dissolvidos-TSD variando de 500 a 35.000 mg/l (DNPM/CPRM, 1983). Nesta província predominam rochas cristalinas, ou seja, gnaisses, xistos, migmatitos, granitos, quartzitos entre outras, apresentando, em geral, um potencial hidrogeológico muito fraco, pois os aquíferos estão restritos às zonas fraturadas.

Essa deficiência está relacionada diretamente com as condições de ocorrência e circulação das águas subterrâneas, que é agravada em função das características do clima semiárido que provoca taxas elevadas de salinidade nas águas.

A vegetação predominante na bacia do Rio Taperoá e Alto Curso do Paraíba são do tipo Caatinga hiperxerófila, hipoxerófila, floresta caducifólia e subcaducifólia, uma vegetação tipo savana estépica, “estacional-decidual, portanto com os estratos arbóreos e gramíneos – lenhosos periódicos e com numerosas plantas suculentas, sobretudo cactáceas” IBGE (1995).

Em alguns trechos a caatinga se apresenta densa, com vegetação rasteira constituída por herbáceos espinhosos e arbustos densos. Em outros setores mais secos, a vegetação perde totalmente as folhas no verão. As espécies dominantes são: Caroá, Catingueira, Coroa de Frade, Faveleiro, Imburana, Imbuzeiro, Juazeiro, Jurema, Macambira, Marmeleiro, Mimosa, Mofumbo, Oiticica, Pinhão Bravo, Velame e Xique-xique. As áreas desmatadas e utilizadas para a agricultura são em geral ocupadas pelas culturas de palma forrageira, agave, algodão, milho e feijão.

Balanço hídrico climatológico

No Nordeste do Brasil, em especial na região semiárida nordestina, que frequentemente enfrenta os problemas da seca e estiagens prolongadas dentro do período chuvoso, estas condições se tornam ainda mais graves (Nobre e Melo, 2001). Atualmente é enorme a demanda por recursos hídricos, é importante o conhecimento, do ciclo da água, principalmente das variáveis climáticas, precipitação evapotranspiração, evaporação, umidade relativa (Horikoshi, 2007).

Assim, de acordo com Camargo (1971, apud, Horikoshi, 2007), para saber se uma região apresenta deficiência ou excesso de água ao longo do ano, é necessário comparar dois termos contrários do balanço, a precipitação (responsável pela umidade para o solo) e a evapotranspiração que utiliza essa umidade do solo. Segundo Pereira et al. 2002; Horikoshi, 2007, a água disponível para o consumo e uso do homem pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico, em que fica evidente a variação temporal de períodos com excedente e com deficiência hídricas, permitindo, dessa forma, o planejamento agrícola.

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. O balanço hídrico como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos e também a viabilidade de implantação e monitoramento de sistemas de irrigação ou drenagem numa região. De acordo com – Lima e Santos, 2009; Thornthwaite, 1948; Thornthwaite e Mather, 1955 – elaboraram um sistema de contabilidade para obter os déficits e/ou excessos de água, a que denominaram balanço hídrico.

Neste balanço o solo é um “depósito”, a precipitação é a “entrada” e a evapotranspiração representa a “saída”. Partindo-se de uma capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao tipo de planta cultivada, produz resultados úteis para a caracterização climatológica da região e informa sobre a distribuição das deficiências e excessos de precipitação, do armazenamento de água no solo, tanto na escala diária como mensal.

A Tabela 2 e a Figura 11 mostram o Balanço hídrico climático médio (período 1926-2011) para o município de Cabaceiras. Observa-se que o regime de chuvas anual, com uma estação seca bem definida, associado à má distribuição das chuvas durante a estação chuvosa e à pobreza de nutrientes dos solos, em geral, exige alto nível técnico para a produção agrícola, sendo recomendável a adoção de práticas de manejo que visem conservar a água no solo ou a irrigação. A falta de água nos meses de setembro a dezembro limita o uso da terra, tornando praticamente inviável o cultivo nessa época do ano, exceto com a prática da irrigação.

Não ocorrem excedentes hídricos e as deficiências hídricas estão presentes em todos os meses do ano exceto em anos em que os índices pluviométricos ocorreram acima da normalidade como sendo 1964 o ano mais chuvoso com 775,5 mm, seguidamente dos anos de 2004 com 755,8 mm e 2008 com 736,8 mm (Figura 2).

Tabela 2. Resumo do balanço hídrico climatológico normal. PREC = Precipitação; ETP = Evapotranspiração potencial; EVR = Evaporação real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Excedente hídrico.

Meses/Parâmetros	PREC (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Fev	39,2	110	39,2	70,8	0
Mar	59,8	115,8	59,8	55,9	0
Abr	60,2	105,2	60,2	45	0
Mai	42,3	96,5	42,3	54,2	0
Jun	43,5	81,1	43,5	37,6	0
Jul	36,8	78,2	36,8	41,4	0

Ago	14,9	81,8	14,9	66,9	0
Set	5,2	90,7	5,2	85,5	0
Out	3,4	108,5	3,4	105,1	0
Nov	3,8	115,6	3,8	111,9	0
Dez	9,3	126	9,3	116,7	0
Anual	336,6	1231,6	338,4	890,1	0

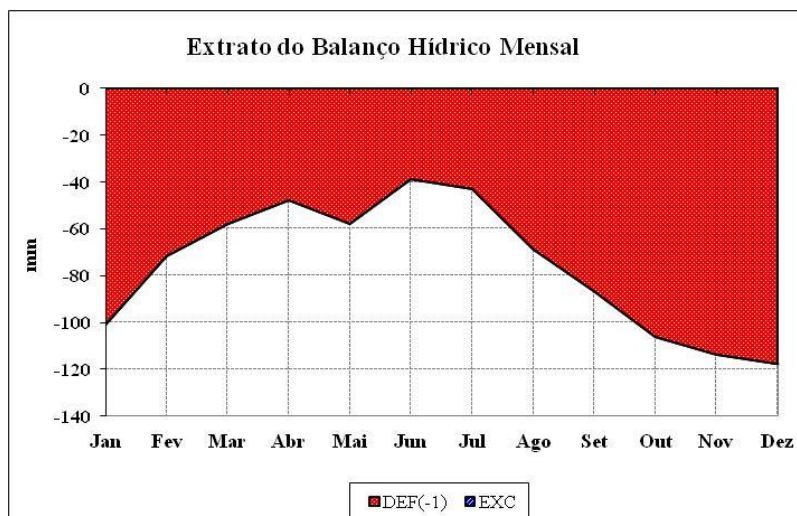


Figura 11. Balanço hídrico climático médio (período 1962-2011) para o município de Cabaceiras, Capacidade de Água Disponível (CAD) igual a 100 mm.

Conclusões

As análises concretizadas neste estudo representam uma aproximação das potencialidades do município, em termos de clima, recursos hídricos e das reais necessidades de água para as culturas de fundamental importância econômica, figuradas através do balanço hídrico.

A área estudada não apresenta restrições de temperatura para a maioria dos cultivos adotados, mas o regime de chuvas, com uma estação seca bem definida, associado à má distribuição das chuvas durante a estação chuvosa e a pobreza de nutrientes dos solos, em geral, exigem alto nível técnico para a produção agrícola, sendo recomendável a adoção de práticas de manejo que visem conservar a água no solo e/ou a irrigação. A falta de água nos meses de setembro a dezembro limita o uso da terra, tornando praticamente inviável o cultivo nessa época do ano, exceto com a prática da irrigação.

Apresentando, em geral, um potencial hidrogeológico muito fraco, pois os aquíferos estão restritos às zonas fraturadas. Essa deficiência está relacionada diretamente com as condições de ocorrência e circulação das águas subterrâneas, que é agravada em função das características do clima semiárido que provoca taxas elevadas de salinidade nas águas;

Sugerem-se construções de cisternas caseiras para a captação das águas das chuvas, visando uma melhoria da qualidade da água para o consumo humano.

AValiação Hídrica por meio de Mudanças Climáticas

Raimundo Mainar de Medeiros

Introdução

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. O balanço hídrico, como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos (Lima e Santos, 2009).

O clima exerce grande influência sobre o ambiente, atuando como fator de interações entre componentes bióticos e abióticos. O clima de toda e qualquer região, situada nas mais diversas latitudes do globo, não se apresenta com as mesmas características em cada ano no próprio local ou lugar (Soriano, 1997).

A problemática das mudanças climáticas é um dos maiores desafios socioeconômicos e científicos que a humanidade terá que enfrentar ao longo deste século. De acordo com Jenkin et al. (2005), todo o planeta sofrerá com esses impactos, mas as populações mais pobres, dos países mais vulneráveis, certamente serão as mais susceptíveis aos seus impactos negativos.

Os principais indícios do aquecimento global surgem das medidas de temperatura de estações meteorológicas desde 1860, em todo o globo. Os dados, com a correção dos efeitos de ilhas de calor, mostram que o aumento médio da temperatura foi de aproximadamente 0,6°C durante o século XX, os maiores aumentos foram em dois períodos: 1910 a 1945 e 1976 a 2000 (IPCC, 2001a). Ainda de acordo com os relatórios do IPCC (2001a e 2001b), há uma projeção de um aumento médio de temperatura do planeta entre 1,4 e 5,8°C entre os anos de 1990 e de 2100. Em relação à precipitação, as previsões indicam que deve ocorrer um aumento na média anual, nas regiões de latitudes mais elevadas, assim como nas regiões equatoriais, em aversão a uma diminuição nas regiões subtropicais.

Segundo Nobre e Assad (2005), a temperatura média global do planeta à superfície aumentou progressivamente nos últimos 120 anos, com uma variação superior a meio grau Celsius. Na última década ocorreram os três anos mais quentes dos últimos 1.000 anos da história recente da Terra. Segundo o relatório do IPCC (Horikoshi e Fisch, 2007), que reforçou esses fatos, indicando como provável esse aumento da temperatura do ar seja consequência de ações antrópicas.

No Nordeste do Brasil, em especial na região semiárida nordestina, que frequentemente enfrenta os problemas da seca e estiagens prolongadas dentro do período chuvoso, estas condições se tornam ainda mais graves (Nobre e Melo, 2001).

Atualmente é enorme a demanda por recursos hídricos, sendo importante o conhecimento do ciclo da água, principalmente das variáveis de climáticas, de precipitação e evapotranspiração (Horikoshi e Fish, 2007). Assim, de acordo com Camargo (1971), para saber se uma região apresenta deficiência ou excesso de água ao longo do ano, é necessário comparar dois termos contrários do balanço, a precipitação, responsável pela umidade para o solo, e a evapotranspiração que utiliza essa umidade do solo.

Segundo Pereira et al. (2002), a água disponível para o consumo e uso do homem pode ser quantificada pelo balanço hídrico climatológico, em que fica evidente a variação temporal de períodos com excedente e com deficiência hídricas, permitindo, dessa forma, o planejamento agrícola, complementando todo o uso da metodologia do balanço hídrico.

O objetivo deste trabalho é avaliar as condições hídricas por meio do panorama de mudanças climáticas e futuro da precipitação e temperatura do ar, com o intuito de buscar os indícios do aquecimento global no balanço hídrico climático do município de Cabaceiras. Posto que esta região, a maior parte do seu PIB é devido à agricultura (IBGE, 2012), a compreensão da precipitação é de grande valia para o setor agrícola e conseqüentemente da economia deste município, favorecendo um gerenciamento integrado dos recursos hídricos.

Materiais e métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se de séries de dados mensais e anuais de precipitação referente ao período de 86 anos de dados observados (1926-2011), fornecido pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A, 2011). Os dados de temperatura foram estimados (por não existir estação meteorológica) pelo software Estima_t, disponível no site da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) <http://www.dca.ufcg.edu.br/download/estimata.htm>.

Aplicou-se segundo o método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), para as condições médias e em seguida usou-se os cenários de precipitação mensal (redução de 10,0% e 20,0%) e de temperatura (acréscimo de 1,0°C e 4,0°C) de acordo com o IV Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (PCC AR4), para os cenários extremos de emissão de Dióxido de Carbono (CO₂); (B2) – otimista; (A2) - pessimista consecutivamente. Para as condições médias foram empregados séries climatológicas de temperatura e precipitação da área em estudo.

O Balanço Hídrico Climatológico foi realizado segundo a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955), com estimativa da evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1948), por intermédio do programa computacional Balanço Hídrico Normal, usando-se uma planilha eletrônica Excel elaborada e disponibilizada por Rolim e Sentelhas (1999).

Para esta etapa, foram necessários os dados mensais de temperatura média do ar, média mensal de precipitação, coordenadas geográficas, altitude e CAD (Capacidade de Água Disponível), esta define o armazenamento máximo de água no solo, a qual foi adotada em todos os cenários o valor de referência de 100 mm. Com estas informações básicas, o balanço hídrico permite deduzir a deficiência hídrica, o excedente hídrico e o total de água retida no solo ao longo do ano.

Para os cálculos dos Cenários Climáticos Futuros (CCF) onde se leva em consideração o aquecimento global que implicará em um aumento de até 4°C na temperatura local, por isso, adotaram-se dois cenários distintos de temperatura do ar nos valores médios mensais de T+1°C (cenário B2) e T+4°C (cenário A2). Em relação aos cenários de precipitação, considerou-se uma redução de 10% e 20%, para cenários B2 e A2, respectivamente, nos valores médios mensais. Foram realizados os balanços hídricos para as condições médias e condições futuras a partir dos cenários pré-estabelecidos.

Resultados e discussão

A distribuição anual da precipitação do município de Cabaceiras está demonstrada na Figura 1. Foi observada tendência de equilíbrio para os índices da precipitação anual, conforme estudo realizado demonstrando a alta variabilidade na distribuição espacial e temporal, característica própria do clima semiárido predominante no Nordeste do Brasil (NEB). Observou-se, ainda, que esta tendência de equilíbrio é superior a diminuição da precipitação dos cenários futuros que é de 10% (cenário B2) e 20% (cenário A2).

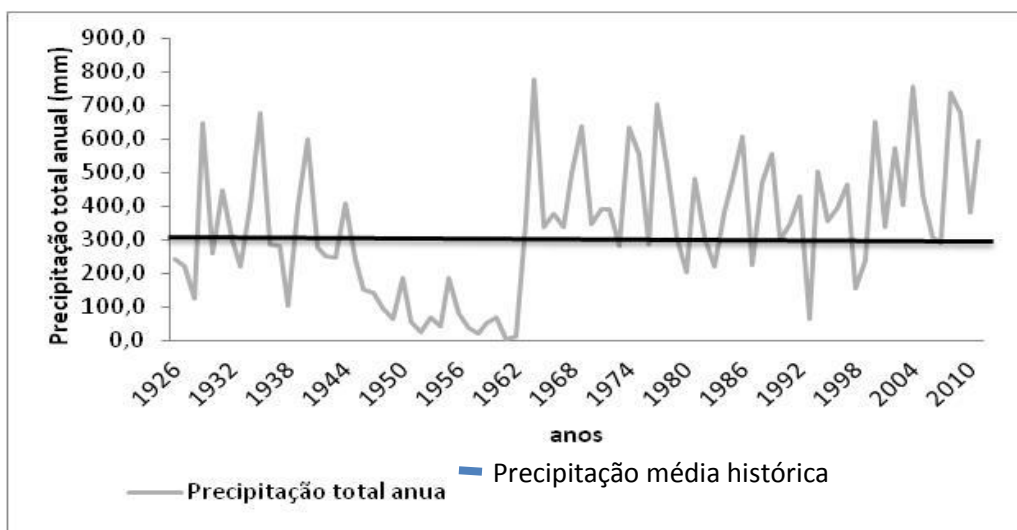


Figura 1. Distribuições anuais da precipitação (mm) pluviométrica no município, no período de 1926 a 2011 e sua média histórica.

A Figura 2 representa a distribuição média mensal da precipitação climatológica do município de Cabaceiras, PB. A média anual histórica, com 86 anos de observações, é de 336,6 mm, com alta variabilidade nos totais anuais, sendo seu quadrimestre mais chuvoso os meses de março, abril, maio e junho. O mês de abril apresenta-se como mais altos valores devido às fatores meteorológicos atuante na região do cariri Paraibano e que em alguns anos para os referidos meses, ocorreram chuvas anômalas e de altas intensidades induzidas pela presença do fenômeno de larga escala La Niña. (Medeiros, 2007)

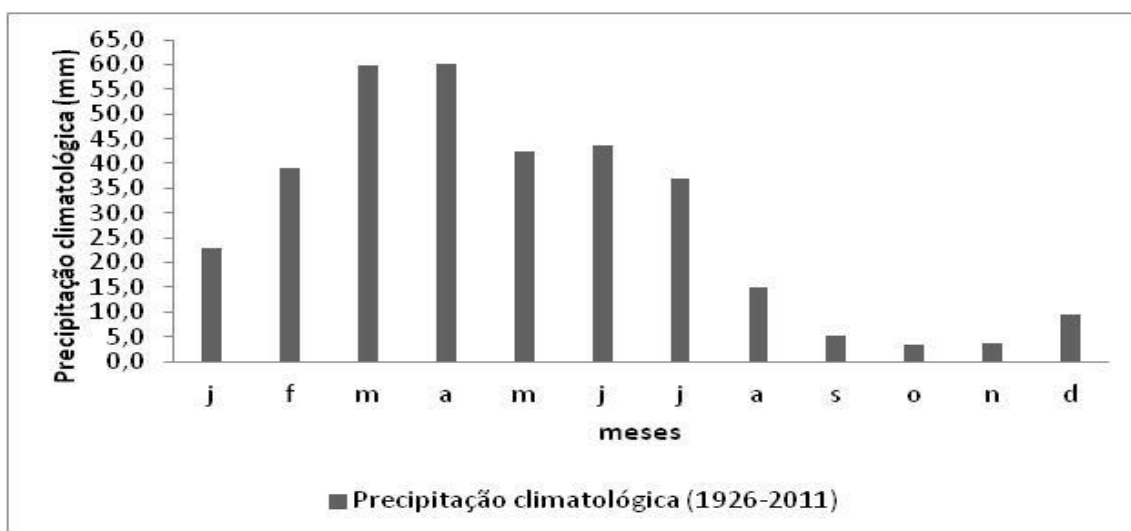


Figura 2. Média mensal climatológica da precipitação (mm) para o município.

A Figura 3 representa a distribuição média mensal da temperatura histórica estimada (1950-2010), para o município de Cabaceiras. A temperatura média anual é de 24 °C, com variações mensais de 22,1 °C a 25,3 °C.

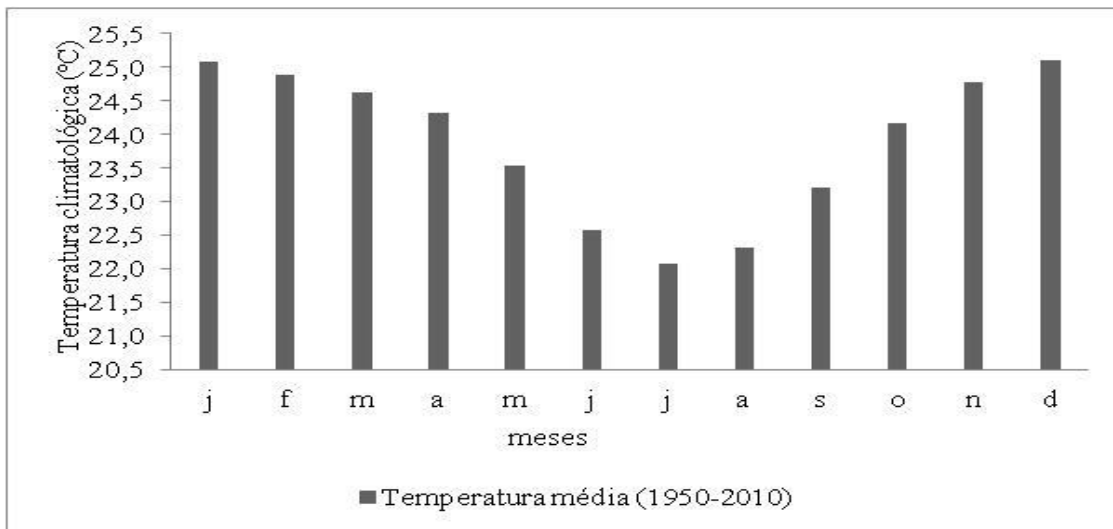


Figura 3. Temperatura média mensal (°C) para o município (período 1950-2010).

O Balanço Hídrico Climatológico e os balanços hídricos com reduções de 10% e 20% médio mensal estão ilustrados nas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente, observando-se deficiências hídricas com maiores significâncias para os três cenários estudadas.

Observa-se, nas Tabelas 1, 2 e 3, que nas colunas de deficiências hídricas os seus valores aumentam com a troca de cenários, e para os excedentes hídricos, em todos os cenários, não ocorre durante os meses do ano.

Nos casos estudados, não ocorreu reposição de água, os excedentes e as deficiências se prolongam por todos os meses do ano, implicando em pequenos ou curtos intervalos de dias com possíveis armazenamentos de água, de maneira a ocasionar prejuízos na capacidade de uso e manejo do solo, no meio ambiente e na sustentabilidade.

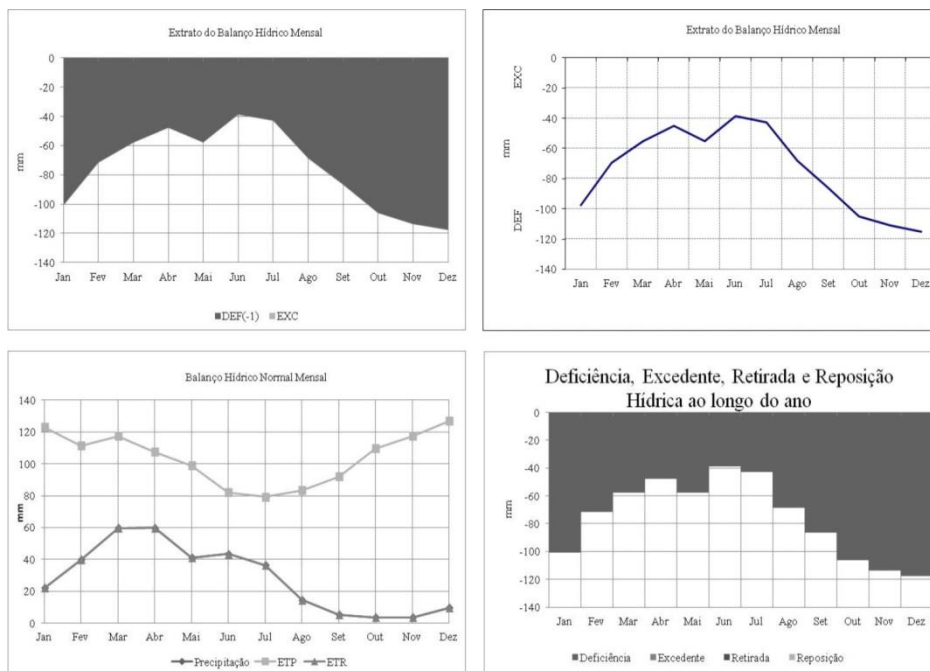


Figura 4. Balanço Hídrico Climatológico simulado com a média climatológica da temperatura do ar e da precipitação.

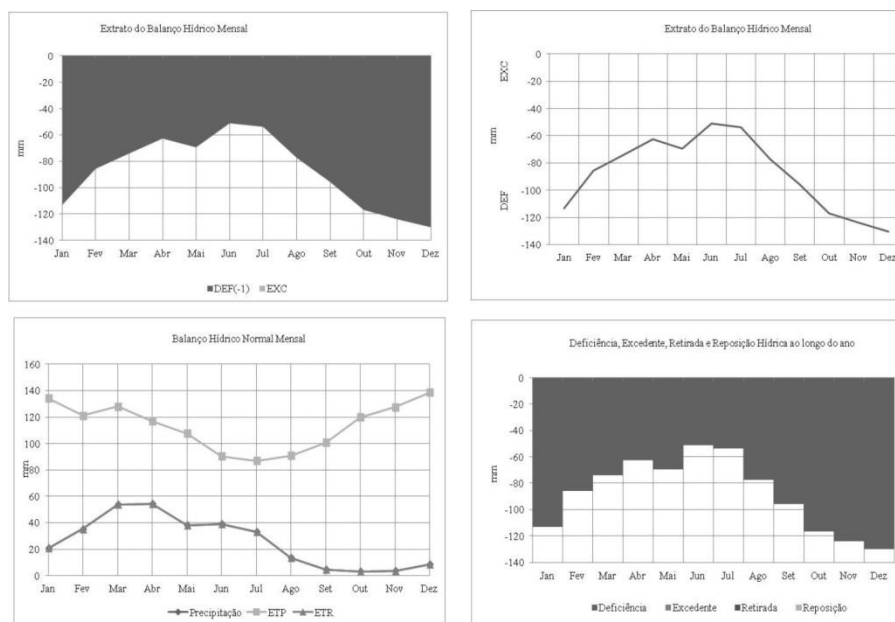


Figura 5. Balanço Hídrico simulado com o cenário otimista (B2) do IPCC-AR4.

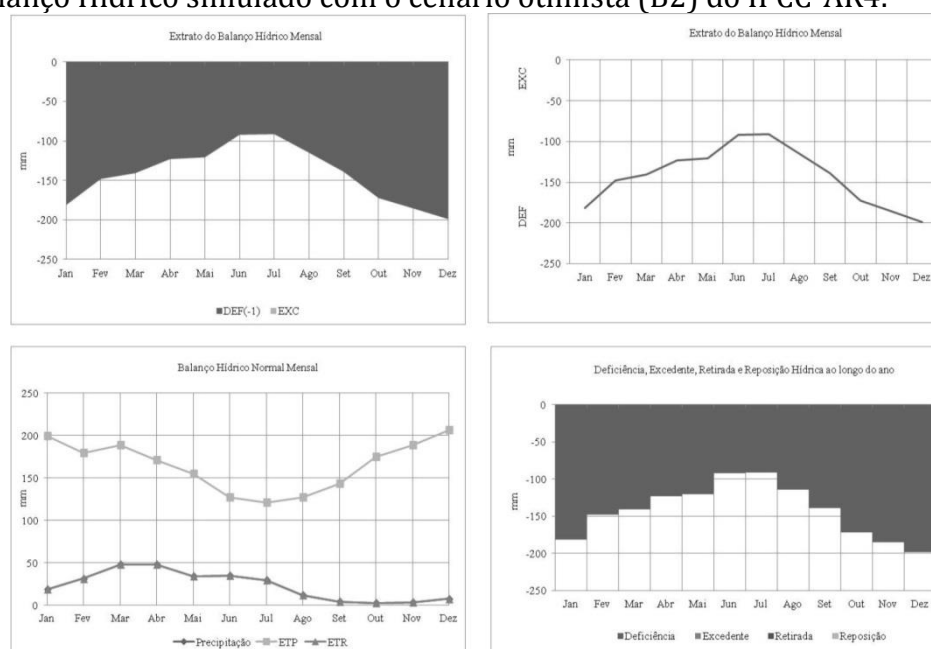


Figura 6. Balanço Hídrico simulado com o cenário pessimista (A2) do IPCC-AR4.

Tabela 1. Resumo do balanço hídrico climatológico normal

Meses/ Parâmetros	PREC (mm)	ETP(mm)	EVR (mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	23,0	122,1	23,0	99,1	0
Fev	39,2	110,0	39,2	70,8	0
Mar	59,8	115,8	59,8	55,9	0
Abr	60,2	105,2	60,2	45,0	0
Mai	42,3	96,5	42,3	54,2	0
Jun	43,5	81,1	43,5	37,6	0
Jul	36,8	78,2	36,8	41,4	0
Ago	14,9	81,8	14,9	66,9	0
Set	5,2	90,7	5,2	85,5	0
Out	3,4	108,5	3,4	105,1	0
Nov	3,8	115,6	3,8	111,9	0

Dez	9,3	126,0	9,3	116,7	0
Anual	336,6	1231,6	336,6	890,1	0

Legenda: PREC = Precipitação; ETP = Evapotranspiração potencial; EVR = Evapotranspiração real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Excedente hídrico.

Tabela 2. Resumo do balanço hídrico climatológicos com redução de 10% na precipitação e elevação de 1 °C para as temperaturas médias.

Meses/ Parâmetros	PREC (mm)	ETP(mm)	EVR (mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	20,7	136,1	20,7	115,4	0
Fev	35,3	122,4	35,3	87,1	0
Mar	53,9	128,7	53,9	74,8	0
Abr	54,1	116,6	54,1	62,5	0
Mai	38,1	106,5	38,1	68,5	0
Jun	39,2	89,0	39,2	49,8	0
Jul	33,1	85,6	33,1	52,5	0
Ago	13,4	89,7	13,4	76,3	0
Set	4,7	100	4,7	95,3	0
Out	3,1	120,3	3,1	117,2	0
Nov	3,4	128,6	3,4	125,3	0
Dez	8,4	140,5	8,4	132,1	0
Anual	302,9	1363,9	302,9	1056,6	0

Legenda: PREC = Precipitação; ETP = Evapotranspiração potencial; EVR = Evapotranspiração real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Excedente hídrico.

Tabela 3. Resumo do balanço hídrico climatológicos com redução de 20% na precipitação e elevação de 4 °C para as temperaturas médias.

Meses/ Parâmetros	PREC (mm)	ETP(mm)	EVR (mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	18,4	202,8	18,4	184,4	0
Fev	31,4	181,6	31,4	150,2	0
Mar	47,9	189,7	47,9	141,8	0
Abr	48,1	170,7	48,1	122,6	0
Mai	33,9	153,2	33,9	119,4	0
Jun	34,8	125,1	34,8	90,3	0
Jul	29,5	119	29,5	89,5	0
Ago	11,9	125,4	11,9	113,5	0
Set	4,2	142,7	4,2	138,5	0
Out	2,7	175,6	2,7	172,8	0
Nov	3,0	190,3	3,0	187,3	0
Dez	7,5	209,4	7,5	201,9	0
Anual	269,3	1985,4	269,3	1712,2	0

Legenda: PREC = Precipitação; ETP = Evapotranspiração potencial; EVR = Evapotranspiração real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Excedente hídrico.

Para o município na série de 87 anos de observação de precipitação, o valor anual da evapotranspiração potencial é aproximadamente quatro vezes superior ao da precipitação (336,6 mm), e valor da evaporação real é igual ao da precipitação anual (336,6 mm). Simulação do balanço hídrico com redução de chuvas em 10% e aumento de 1,0°C na temperatura média ocorre redução nos índices pluviométricos e evaporação real, ao passo que a evapotranspiração

potencial apresenta elevação, e a mesma descrição pode ser refeita para o cenário com redução de chuvas em 20% e aumento de 4 °C na temperatura média.

Tabela 4. Resumo dos índices de umidade; aridez e hídrico para o balanço hídrico climatológico normal, para o balanço hídrico com redução de 10% na precipitação e elevação de 1 °C para as temperaturas médias; para o balanço hídrico com redução de 20% na precipitação e elevação de 4 °C para as temperaturas médias.

Índices	Precipitação e Temperatura normal	Precipitação -10% e Temperatura + 1°C	Precipitação -20% e Temperatura + 4°C
Umidade	0,1	0,1	0,08
Aridez	0,72	0,77	0,86
Hídrico	-0,43	-0,46	-0,52

Os índices foram gerados pelo cálculo do balanço hídrico para os três cenários descrito na Tabela 4, os índices de aridez e hídrico para os tipos de cenários diferentes são crescentes, ao passo que só sofre alteração no índice de umidade para o cenário com redução de precipitação de 20% e elevação de temperatura em 4°C, conforme estimativas de reduções das chuvas e aumentos das temperaturas.

Conclusões

Como a escassez de água para a região semiárida Paraibana é crítica mesmo em anos de período chuvoso normal e acima da média, os resultados obtidos tanto no cenário otimista (B2) quanto no pessimista (A2), indicam situações mais críticas das condições do solo que ocasionarão impactos tanto para os recursos hídricos, quanto no tocante a prática de culturas de sequeiro.

Os resultados indicam que os índices pluviométricos serão mais escassos e, quando analisando pela vertente do cenário pessimista, ficando crítica a condição para o armazenamento de água das chuvas para o consumo humano e animal, sendo assim necessária a realização de planejamentos futuros para construções de obras hídricas e a minimização dos impactos sobre a região.

Para se garantir altas produtividades e a qualidade da produção agrícola há necessidade de um planejamento integrado dos recursos hídricos.

ALTERAÇÃO CLIMÁTICA TENDO EM VISTA O ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

Raimundo Mainar de Medeiros

Introdução

O clima é definido como sendo o conjunto de condições meteorológicas (temperatura do ar, pressão atmosférica, ventos (direção e velocidade), umidade relativa do ar, evapotranspiração, insolação, precipitação, entre outros), características do estado médio da atmosfera, em um dado ponto da superfície terrestre.

O conhecimento das condições climáticas de uma determinada região é necessário para que se possa estabelecer estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, almejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agropecuárias viáveis e seguras para os diversos biomas da região de acordo com Sousa et al. (2010).

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. O balanço hídrico como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos e também a viabilidade de implantação e monitoramento de sistemas de irrigação ou drenagem numa região em conformidade com Lima e Santos (2009).

Nesta acepção, o balanço hídrico climatológico, desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Através da contabilização do suprimento natural de água ao solo, pela chuva (P), e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP) e com a capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao estudo, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração potencial (ETP), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até a mensal (Pereira et al., 1997).

A precipitação pluvial é um dos elementos essenciais nas atividades agrícolas, a partir do volume de chuva precipitado e da sua distribuição pode-se determinar quais os tipos de atividades agrícolas de certa localidade. (Arraes et al., 2009).

Em 1948, Thornthwaite desenvolveu um método simples para estimar o balanço hídrico climático em bases mensais, usando valores médios mensais da temperatura do ar e do total pluviométrico, bem como a capacidade armazenamento hídrico do solo (Varejão-Silva, 2000). Posteriormente, Thornthwaite e Mather (1955) modificaram o método original de estimativa do balanço hídrico climatológico.

Face ao exposto, realizou-se o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) e obteve-se a classificação climática para o município estudado a partir de solos com diferentes capacidades de retenção de água, com o objetivo de verificar a influência do armazenamento de água no solo no microclima do município de Cabaceiras.

Materiais e métodos

Foi utilizado o método de Thornthwaite e Mather (1948, 1955), que demanda de informações de precipitação e temperatura para a realização dos cálculos do balanço hídrico do município de Cabaceiras.

Os dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais foram adquiridos do banco de dados coletado pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A), para o período de 1926 a 2011, os valores mensais e anuais de temperatura do ar foram estimados pelo método das retas de regressões lineares múltiplas utilizando-se do software Estima_T desenvolvido pelo núcleo de meteorologia aplicada da Universidade Federal de Campina Grande-PB (UFCG), que esta disponibilizada no seguinte site: www.dca.ufcg.edu.br.

Os dados climatológicos médios mensais foram agrupados em 96 anos (1926 a 2011), caracterizando um período de normal climatológica, onde, empregou-se do software Excel, obtiveram-se os valores de médias mensais e anuais de temperatura e precipitação, imprescindíveis ao cálculo do balanço hídrico pelo método de Thornthwaite e Mather (1948,1955). A proeminência da estimativa do balanço hídrico para o município de Cabaceiras está pautada na importância que a água tem para o seu desempenho do armazenamento de água no solo, a sobrevivência humana, agricultura e lazer.

Nos cálculos para a obtenção do balanço hídrico climatológico foram utilizados os valores de CAD representativos dos solos encontrados da região de estudo - CAD = 125 e 100 mm para um solo com alta capacidade de armazenamento, como os solos aluvionais do município; CAD = 75 mm para solos com média capacidade e para as CAD_s = 50 e 25 mm para um solo com baixa capacidade de retenção de água, como solos mais arenosos. Com base no balanço hídrico climatológico foram utilizadas as metodologias de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) para a classificação climática de acordo com os valores de CAD predeterminados.

Resultados e discussão

A partir dos resultados do balanço hídrico para o município em estudo elaborou-se tabela contendo os valores de Evapotranspiração Potencial; Deficiência hídrica e Excedente hídrico que permitem a melhor visualização da situação hídrica para os respectivos valores das CAD_s.

Observa-se que não ocorreu excesso de água para nenhuma das CAD trabalhadas, assim como permaneceram em situação de déficit hídrico, sendo o seu quadrimestre de maiores deficiência hídrica os meses de outubro janeiro e tendo como menor déficit o mês de junho, restringindo em muito a exploração de culturas, notadamente as mais sensíveis ao estresse hídrico e com sistema radicular pouco profundo. Vale ressaltar que, independente da capacidade de armazenamento de água pelo solo, a descrição supracitada se repete.

Desta forma, constatou-se que a capacidade de armazenamento de água no solo não influencia decisivamente nas condições hídricas anuais do município, entretanto, solos com maior capacidade de armazenamento podem minimizar as condições climáticas e assegurar condições hídricas de solo um pouco mais favoráveis à exploração radicular.

No que diz respeito à classificação climática do município de Cabaceiras, a Tabela 1 tem-se os valores da evapotranspiração potencial, da deficiência hídrica e do excedente hídrico para as CAD de 125, 100, 75, 50 e 25 mm no município de Cabaceiras. De modo que, mesmo com as consideráveis diferenças quanto à CAD, a classificação climática não sofreu qualquer interferência. Observa-se ainda que não importasse o tipo de solo os valores da Evapotranspiração potencial, das Deficiências hídricas e dos Excedentes hídricos não sofreram alterações com as respectivas mudanças das CAD conforme tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Demonstrem os valores da evapotranspiração potencial, da deficiência hídrica e do excedente hídrico para as CAD de 125, 100, 75, 50 e 25 mm no município de Cabaceiras.

CAD	125			100			75			50			25		
Meses\	ETP	DEF	EXC	ETP	DEF	EXC	ETP	DEF	EXC	ETP	DEF	EXC	ETP	DEF	EXC
trâme- tro															

JAN	123,1	100,2	0,0	123,1	100,2	0,0	123,1	100,2	0,0	123,1	100,2	0,0	123,1	100,2	0,0
FEV	111,2	72,0	0,0	111,2	72,0	0,0	111,2	72,0	0,0	111,2	72,0	0,0	111,2	72,0	0,0
MAR	117,5	57,6	0,0	117,5	57,6	0,0	117,5	57,6	0,0	117,5	57,6	0,0	117,5	57,6	0,0
ABR	107,3	47,1	0,0	107,3	47,1	0,0	107,3	47,1	0,0	107,3	47,1	0,0	107,3	47,1	0,0
MAI	98,5	56,2	0,0	98,5	56,2	0,0	98,5	56,2	0,0	98,5	56,2	0,0	98,5	56,2	0,0
JUN	82,5	39,0	0,0	82,5	39,0	0,0	82,5	39,0	0,0	82,5	39,0	0,0	82,5	39,0	0,0
JUL	79,3	42,4	0,0	79,3	42,4	0,0	79,3	42,4	0,0	79,3	42,4	0,0	79,3	42,4	0,0
AGO	82,9	68,0	0,0	82,9	68,0	0,0	82,9	68,0	0,0	82,9	68,0	0,0	82,9	68,0	0,0
SET	91,9	86,6	0,0	91,9	86,6	0,0	91,9	86,6	0,0	91,9	86,6	0,0	91,9	86,6	0,0
OUT	109,9	106,5	0,0	109,9	106,5	0,0	109,9	106,5	0,0	109,9	106,5	0,0	109,9	106,5	0,0
NOV	116,8	113,0	0,0	116,8	113,0	0,0	116,8	113,0	0,0	116,8	113,0	0,0	116,8	113,0	0,0
DEZ	127,1	117,8	0,0	127,1	117,8	0,0	127,1	117,8	0,0	127,1	117,8	0,0	127,1	117,8	0,0

A classificação climática de Cabaceiras – PB, segundo a metodologia de Thornthwaite (1948) e de Thornthwaite e Mather (1955), é EA's2a', na qual significa que o clima é árido, megatérmico, com grande deficiência de água no verão e com 29% da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente (janeiro, fevereiro e março).

Conclusões

A reposição de água ao solo para sua máxima capacidade de armazenamento não ocorre em nenhuma CAD estudada.

Solos com CAD maior e menor não proporcionam perdas de água, e nem aperfeiçoa seu aproveitamento pelas culturas.

A capacidade de armazenamento de água no solo não influencia decisivamente nas condições hídricas ao longo do ano do município estudado.

A capacidade de armazenamento de água do solo não interfere na Classificação Climática do município.

AVALIAÇÃO DA EROSIVIDADE PLUVIOMÉTRICA

Raimundo Mainar de Medeiros

Introdução

A chuva é o principal agente de desgaste dos solos, em particular, nas regiões tropicais onde ocorrem em maior volume e intensidade. O processo erosivo e sua intensidade dependem das condições climáticas da região, dos fatores relacionados à topografia, da cobertura do solo e às propriedades do mesmo (Gonçalves, 2002) e a erosividade da chuva é em função da quantidade, intensidade e duração da mesma (Lemos e Bahia, 1992).

A necessidade de obter uma metodologia capaz de avaliar os fatores que causam a erosão hídrica e de estimar perdas anuais de solo resultou no desenvolvimento da Equação Universal de Perdas de Solo estimada por Wischmeier e Smith (1958, 1971, 1978). Esta equação é considerada um bom instrumento na previsão das perdas de solo, exigindo um número de informações relativamente pequenas quando comparado aos modelos mais complexos. No entanto, para sua utilização, é necessário o levantamento de vários fatores dentre eles a erosividade das chuvas (R).

Portanto, neste trabalho, buscou-se estudar o índice de erosividade da chuva no período de 1926-2011, visando o melhor manejo do solo para a captação de águas pluviais em Cabaceiras, PB.

Materiais e métodos

Para realização deste trabalho os dados utilizados compreenderam as séries dos anos de 1926 a 2011. Os valores pluviométricos de 86 anos foram adquiridos junto a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). A partir desses dados utilizando a planilha do Excel calculou-se a média mensal da erosividade pela equação proposta por Wischmeier e Smith (1958; 1971; 1978):

$$EI_{30} = 67,355 \left(\frac{r^2}{p} \right) e^{0,85}$$

Sendo:

EI_{30} a média mensal do índice de erosividade das chuvas ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}$);

r a precipitação média mensal (mm) e

p a precipitação média anual (mm).

Após determinou-se os valores médios de precipitação mensal no período. O cálculo desse fator é o somatório dos valores mensais da erosividade, conforme a equação.

$$R = \sum_1^{12} EI_{30}$$

Wischmeier e Smith (1958, 1971, 1978) definiram que o produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos (EI_{30}) é a relação que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão, considerando as fases de impacto das gotas da chuva, a desagregação do solo, a turbulência do fluxo, e o transporte das partículas. Para Barbosa et al.(2000) e

Menezes et al.(2011) o fator R (erosividade das chuvas) permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo, para que assim se faça um manejo adequado e ocupação correta do mesmo.

Resultados e discussão

Nos meses de janeiro a julho observaram-se os maiores índices pluviométricos, os menores índices estão centrados nos meses de agosto a dezembro, que corresponde a 25,23% do total da precipitação ocorrida. Nos meses de janeiro a julho representam 74,77% dos índices pluviométricos, o mês de junho representa 10,94% das chuvas ocorridas. As distribuições da precipitação média histórica das avaliações da erosividade estão demonstradas nas Figuras 1 e 2. Em regiões tropicais é comum a evento de chuvas erosivas, principalmente no período de ascendente precipitação, podendo chegar a 40% do total anual das chuvas, em regiões de clima temperado, apenas 50% dos índices pluviométricos são consideradas erosivas (Hudson, 1971).

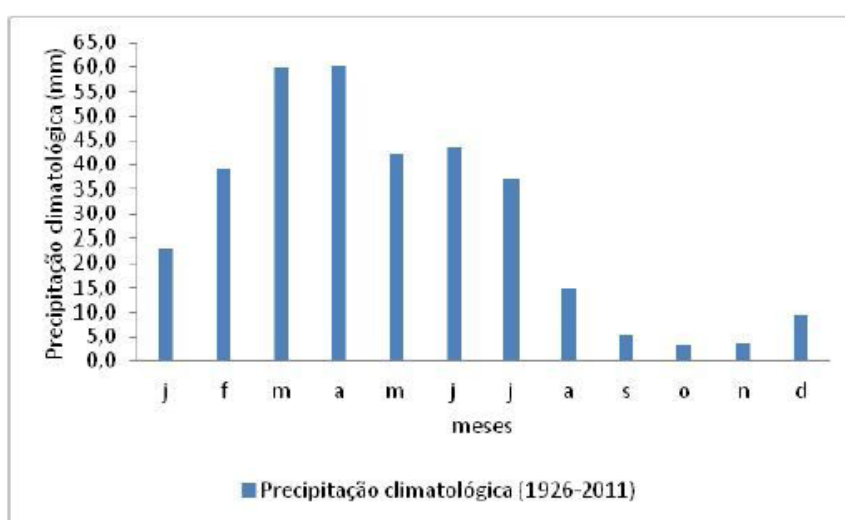


Figura 1. Precipitação média mensal histórica no período de 1926 a 2011.

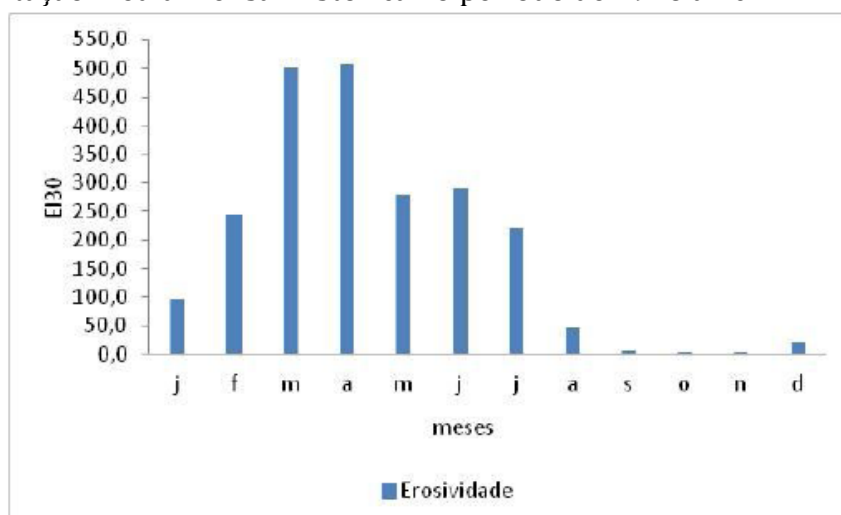


Figura 2. Erosividade média mensal no período de 1926 a 2011.

Os resultados dos cálculos do índice de erosividade estão expostos na Figura 1 na qual se observa que o mês de máximo valor ocorreu em abril, seguido dos meses de janeiro fevereiro, março, maio, junho e julho. Os meses de agosto a dezembro são os que apresentaram as menores avaliações de erosividade. O valor obtido para a área de estudo apresentou precipitação máxima anual oscilando entre os valores de 3,6 mm (1961) a 775,5 mm (1965), teve-se uma

precipitação média histórica de 336,6 mm com 86 anos de observações. O fator R da área em estudo foi de 9.471,3 MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹ e Segundo Silva (2004) a erosividade anual é altamente dependente do total precipitado.

Os índices de erosividade apresentados na Figura 3 basicamente seguem o critério da precipitação com os seus valores de altos e baixos índices, comprovando deste modo o que foi proposto por Lemos e Bahia (1992).

Conclusões

Os maiores índices de erosividade foram encontrados no período de abril (507,1 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹) coincidindo com o mês mais chuvoso (60,2 mm).

Os menores índices de erosividade foram encontrados no período de outubro (3,9 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹) sendo este o mês de menor precipitação (3,9 mm).

A área de estudo é considerada de moderada a alta erosividade.

ZONEAMENTO, CLASSIFICAÇÃO E APTIDÃO AGROCLIMÁTICO DE CULTURAS

Raimundo Mainar de Medeiros
Valneli da Silva Melo
Leandro Fontes de Sousa

Introdução

O conhecimento das variáveis agroclimáticas de uma região é de fundamental importância para todas as atividades humanas desenvolvidas, principalmente para a agricultura. A utilização do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1948, 1955), como ferramenta de manejo procura nortear ações de planejamento na produção agrícola para uma dada região, possibilitando maior rentabilidade dos cultivos.

A delimitação do clima de uma região permite não só estabelecer os indicadores do potencial do meio físico para a região em estudo, mas também, conhecer áreas homogêneas sob o ponto de vista socioeconômico, contribuindo para o planejamento e desenvolvimento de atividades sustentável e viável a região.

A água é essencial para o desenvolvimento das culturas, a sua falta ou excesso pode influenciar na produção agrícola de determinada localidade ou de uma região. De acordo com Medeiros et al., (2013) a técnica do balanço hídrico fornece o saldo de água disponível no solo para o vegetal, ou seja, contabiliza a entrada (precipitação e ou irrigação) e a saída (evapotranspiração potencial), considerando determinada capacidade de armazenamento de água pelo solo.

Medeiros et al. (2015) Caracteriza o clima e efetivar o zoneamento agroclimático para sete culturas visando suas aptidões de cultivo no município de Matinhas. Utilizaram série histórica de precipitação e temperatura do ar no cálculo do balanço hídrico climatológico, e deste a classificação climática, construção do evapoplúviograma e o zoneamento agroclimático. A região possui deficiência hídrica anual de 794,0 mm, não ocorrendo armazenamento e excesso de água no solo. Os índices de aridez, umidade e hídrico foram 65,38; 0,00 e -39,23%, respectivamente.

O clima foi classificado como Semiárido, Megatérmico, com pequeno ou nenhum excesso de água e com 29,41% da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano. Verificou-se aptidão restrita para o cultivo de abacaxi, caju, feijão e milho; a banana e a cana-de-açúcar são inaptas ao cultivo, já o algodão herbáceo possui condições moderada. Para assegurar uma produtividade agrícola rentável é indispensável o suprimento de água por irrigação.

Matos et al., (2014) afirmam que o uso do balanço hídrico para uma região é de suma importância, pois o mesmo considera o solo, sua textura física, profundidade efetiva do sistema radicular das plantas e o movimento de água no solo durante todo o ano.

Para tanto, o método de classificação climática de Thornthwaite é amplamente utilizado, sendo esse em função de dados das normais climatológicas de temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial (ETp), mais eficiente para detectar pequenas variações espaciais climáticas quando comparada a classificação de Köppen (Cunha e Martins, 2009).

Assim, a investigação do clima local com base nos índices de aridez (Ia), hídrico (Ih) e de umidade (Iu); favorece o estudo do zoneamento agroclimático determinando a aptidão das culturas exploradas, com base no evapoplúviograma e o cálculo dos índices de vegetação (Iv), repouso por seca (Irs), repouso por frio (Irf) e hídrico (Ih).

O zoneamento agroclimatológico constitui-se, numa ferramenta importante no processo de tomada de decisão, permitindo, a partir das análises das variabilidades climáticas locais e de sua espacialização, a delimitação de regiões com diferentes aptidões climáticas ao cultivo. A

definição de épocas de semeaduras ajustadas aos estudos probabilísticos da distribuição temporal das chuvas, bem como a recomendação de cultivares com maiores potenciais produtivos, maior resistência ao déficit hídrico e com ciclos mais precoces podem diminuir os efeitos causados pela má distribuição das chuvas e pelo uso de tecnologias não adequadas (Silva et al., 2013).

Medeiros et al., (2011) utilizaram dados de precipitação obtida das normais climatológicas relativas ao período de 1961-1990 e a utilização do método de Thornthwaite e Mather (1955), Verificaram que o período chuvoso se concentra entre os meses de março a julho, época do plantio da mandioca, quando a umidade e o calor tornam-se elementos essenciais para a brotação e enraizamento, e que maior disponibilidade hídrica foi no período de junho e julho contribuindo com o brotamento da cultura e a deficiência hídrica concentrando-se entre os meses de outubro a março não comprometendo a produção.

O conhecimento das culturas que mais se adéquam às condições climáticas de Matinhas proporcionará o desenvolvimento agrícola do município, tornando este rentável e socioeconomicamente viável.

Objetivou-se determinar aptidão para as culturas do abacaxi, algodão herbáceo, banana, caju, cana-de-açúcar, feijão e milho classificando as aptidões das culturas mais adequadas ao plantio na região e a classificação climática do município de Cabaceiras.

Material e métodos

Para a determinação do balanço hídrico climatológico (BHC), utilizaram-se os dados das normais climáticas de precipitação, fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A). As médias das precipitações foram referentes à série histórica do período de 1926 a 2013. Utilizou-se o software Estima T desenvolvido pelo núcleo de meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande pela técnica da reta de regressão múltipla para medida de temperatura média (Cavalcanti, 2006).

O método adotado para obtenção do balanço hídrico climático foi o mesmo proposto por Thornthwaite e Mather (1948, 1955), que contabiliza a água do solo, em que a precipitação representa ganho e a evapotranspiração perda de umidade do solo, podendo-se estimar os valores correspondentes ao Excedente Hídrico (EXC) e Deficiência Hídrica (DEF). Com base nesta metodologia foi estimada a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. A Evapotranspiração Potencial (ETP) foi obtida conforme a Equação 1.

$$ETP = Fc \cdot 16 \cdot \left(10 \frac{T}{I}\right)^a$$

Em que:

ETP - evapotranspiração potencial em mm.mês⁻¹;

Fc - fator de correção, conforme a Tabela 1;

T - temperatura média mensal em °C;

I - índice anual de calor, correspondente a soma dos doze índices mensais;

a - função cúbica do índice anual de calor, $6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 0,01791 \cdot I + 0,492$ em mm.mês⁻¹.

Tabela 1. Fator de Correção (Fc) do método de Thornthwaite (1948) em função dos meses do ano.

Fator de Correção											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fonte: UNESCO (1982).

No cálculo dos índices de aridez, umidade e hídrico, utilizaram-se as equações descritas a seguir. Tais índices são essenciais para a caracterização climática da região segundo o método de Thornthwaite (1948), e no estudo de adaptação de culturas à região – Zoneamento Agrícola.

$$I_a = 100 \frac{\Sigma D}{\Sigma ET_p}$$

$$I_u = 100 \frac{\Sigma S}{\Sigma ET_p}$$

$$I_h = I_u - 0,6 I_a$$

Em que:

Ia - índice de aridez;

Iu - índice de umidade;

Ih - índice hídrico;

ΣD - somatório da deficiência hídrica anual;

ΣS - somatório do excesso hídrico anual;

ΣET_p - somatório da evapotranspiração potencial anual.

A classificação climática foi obtida de acordo com a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) utilizando-se os valores dos índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e (Cv) em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano.

A concentração da evapotranspiração potencial na estação quente foi dada pela Equação 5, a qual representa a percentagem da evapotranspiração anual que ocorre nos meses j, k, l, de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente).

$$(C_v) = 100 (ETp_j + ETp_k + ETp_l) / (ETp)$$

Em que:

Cv - concentração da evapotranspiração;

ETp_j - evapotranspiração potencia no mês j;

ETp_k - evapotranspiração potencial no mês k;

ETp_L - evapotranspiração potencial no mês L;

ETP - evapotranspiração potencial anual.

Realizou-se a elaboração do evapopluiograma, o qual se refere a um climograma adaptado ao balanço hídrico (BHC), para fins de estudo das condições climáticas mais adequadas às culturas, através do sistema de coordenadas ortogonais. Como nesse caso a evapotranspiração potencial é plotada em função da precipitação, assim obtém-se o evapopluiograma.

O diagrama apresenta-se dividido em seis setores hídricos, nos quais os valores da precipitação correspondem a diferentes múltiplos e submúltiplos da evapotranspiração potencial, e em outras quatro faixas térmicas com valores correspondentes às limitações e exigências térmicas da cultura.

Utilizando-se dos pontos do evapopluiograma determinaram-se os índices de vegetação (Iv), de repouso por seca (Irs) de repouso por frio (Irf) e hídrico (Ih).

Por fim, os valores dos índices climáticos foram aplicados na Tabela 2 para determinação da aptidão climática da região, classificando as culturas em aptidão plena, moderada, restrita e inaptidão.

Tabela 2. Síntese da Aptidão Climática de algumas culturas.

Cultura	Aptidão	Índice Climático	Deficiência/Excesso
Abacaxi	Plena	$\rightarrow -20 \leq I_h < 20$	\Rightarrow Boas condições hídricas e térmicas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	$\rightarrow I_h > 20$	\Rightarrow Umidade excessiva, prejudicando o desenvolvimento vegetativo e a frutificação da cultura.
	Restrita	$\rightarrow -20 \leq I_h < -20$	\Rightarrow Restrições hídricas para o desenvolvimento da cultura.
		$\rightarrow -40 \leq I_h < -30$	\Rightarrow Limitações para o cultivo do abacaxi, por deficiência hídrica acentuada.
Inaptidão	$\rightarrow I_h < -40$	\Rightarrow Deficiência hídrica severa, não possibilitando o desenvolvimento da cultura, a não ser através de irrigação.	
Algodão Herbáceo	Plena	$\rightarrow 30 \leq I_v < 50,$ $I_{sv} \leq 1$ e $I_{rs} \geq 4$	\Rightarrow Boas condições hídricas e térmicas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	$\rightarrow 30 < I_v < 50$ $I_{sv} > 1; I_{rs} \geq 4$	\Rightarrow Período vegetativo normal, mas com ocorrência de seca.
	Restrita	$\rightarrow 30 < I_v < 50$	\Rightarrow Repouso por seca insuficiente para a maturação da fibra.
		$\rightarrow I_{sv} \leq 1; I_{rs} < 4$	\Rightarrow Período vegetativo curto com ocorrência de seca no mesmo.
Inaptidão	$\rightarrow 20 < I_v < 30$ $I_{sv} > 1; I_v > 50$ $\rightarrow I_v < 20$	\Rightarrow Umidade excessiva para o desenvolvimento da cultura. \Rightarrow Ocorrência de seca durante todo o ciclo da cultura.	
Banana	Plena	$\rightarrow D < 200$ m	\Rightarrow Boas condições hídricas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	$\rightarrow 200 < D < 350$ m	\Rightarrow Insuficiência hídrica estacional, prolongando o ciclo da cultura.
	Restrita	$\rightarrow 350 < D < 700$ m	\Rightarrow Deficiência hídrica acentuada, sendo possível o cultivo apenas em várzeas e locais mais úmidos.
	Inaptidão	$\rightarrow D > 700$ m	\Rightarrow Deficiência hídrica muito severa. O cultivo somente possível através de irrigação.
Caju	Plena	$\rightarrow I_h > -10$ $D < 100$ mm	\Rightarrow Em geral não há limitações climáticas para a cultura, principalmente nas regiões e climas quentes. \Rightarrow Ocorrência normal de pequena deficiência hídrica.
	Moderada	$\rightarrow I_h < -10$ $100 < D < 200$ mm	\Rightarrow Cultivo parcial prejudicado pela deficiência hídrica.
		$\rightarrow 200 < D < 700$ mm	\Rightarrow Deficiência hídrica severa na maioria dos solos. Cultivo somente através de suprimento d'água por irrigação.
	Restrita	$\rightarrow 700 < D < 900$ mm	\Rightarrow Suprimento hídrico insuficiente para a cultura.
Inaptidão	$\rightarrow D > 700$ mm		
Cana-de-Açúcar	Plena	$\rightarrow I_h > 0; D < 200$ mm	\Rightarrow Boas condições hídricas para o desenvolvimento da cultura
	Moderada	$\rightarrow I_h > 0; D > 200$ mm	\Rightarrow Ocorrência de seca estacional; cultivo recomendado em várzeas úmidas.
	Restrita	$\rightarrow 0 > I_h > -10$	\Rightarrow Ocorrência de seca estacional intensa. Cultivo possível com irrigação suplementar.
	Inaptidão	$\rightarrow I_h < -10$	

			⇒ Carência hídrica muito severa para cultura da cana-de-açúcar.
	Plena	→ $I_v > 30$; $1 < I_{rs} < 5$ $D < 20$ mm; $T_a > 22$ °C	⇒ Melhores condições climáticas para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	→ $25 < I_v < 30$ → $C > 20$ mm; $T_a > 22$ °C	⇒ Período vegetativo curto. ⇒ Aptidão plena para variedades precoces.
Feijão	Restrita	→ $2 < I_v < 25$	⇒ Deficiência hídrica acentuada, necessitando suprimento d'água por irrigação.
	Inaptidão	→ $I_v < 20$; $D > 20$ mm	⇒ Cultivo inapropriado por insuficiência hídrica acentuada. Cultivo possível apenas com irrigação.
	Plena	→ $40 < I_v < 60$ $D > 0$; $T > 19$ °C	⇒ Condições hídricas e térmicas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura.
	Moderada	→ $30 < I_v < 40$ $D < 0$; $S < 500$ mm	⇒ Pequena insuficiência hídrica no período vegetativo, com umidade excessiva na maturação. Aptidão plena para variedades precoces.
Milho	Restrita	→ $I_v < 20$	⇒ Deficiência hídrica severa para o desenvolvimento da cultura, ou insuficiência térmica.
	Inaptidão	→ $I_h > -10$; $D > 100$ mm; $S < 500$ mm	⇒ Deficiência hídrica muito severa, tornando inviável o cultivo do milho.

Resultados e discussão

A variável utilizada na determinação do balanço hídrico climatológico para o período de 1926 a 2014, da região de Cabaceiras encontra-se na Tabela 3 e ilustrado na Figura 2, considerando a capacidade de armazenamento de água disponível (CAD) de 100 mm.

A região possui baixo índice de precipitação e um elevado volume de água evapotranspirada, gerando grande saldo de déficit hídrico e resultando em um armazenamento que permanece nulo durante todo o ano, não originando excesso hídrico em nenhum dos meses do ano.

Verificou-se uma temperatura média anual de 23,6°C, com oscilações mensais de 21,2°C é a temperatura mínima ocorrida no mês de junho com 21,4°C é a máxima que ocorre no mês de janeiro com 25,1°C. Esses valores estão dentro do intervalo desejável para o cultivo das principais culturas da região, já que apresenta um bom desenvolvimento fisiológico em temperaturas entre 18 a 34°C, temperaturas abaixo ou acima destas faixas podem prejudicar o desenvolvimento das estruturas reprodutivas das plantas, promovendo o abortamento e queda das flores (Matos et al., 2014).

Através dos dados de precipitação pluviométrica constatou-se distribuição anual irregular para o período estudado, sendo o total médio anual de 332 mm, com as maiores taxas pluviométricas entre os meses de fevereiro a junho oscilando de 40 a 60,8 mm, sendo estes meses a quadra chuvosa da região, totalizando 238,8 mm. Os mínimos valores de precipitação ocorrem nos meses de setembro a dezembro, com oscilação de (3,2 a 8,9 mm), demonstrando que estes índices são insignificantes para a produção agrícola de sequeiro e com pouca contribuição para o armazenamento de água. A evapotranspiração potencial (ETP) com taxa anual de 1197,9 mm, com variações de 74,1 - 123 mm.

O consumo de quanto realmente está sendo evapotranspirado de água é expresso pela evapotranspiração real (ETR), que se comportou de forma semelhante à distribuição da precipitação pluvial. Isto justifica o fato do armazenamento e o excedente hídrico permanecer nulos durante todo o ano, pois toda a água precipitada é consumida pela alta demanda evapotranspiratória, não havendo saldo hídrico no solo.

Estas flutuações ocorrem devido às oscilações entre os períodos seco e chuvoso da região, salienta-se ainda que as flutuações dos fatores provocadores e/ou inibidores de chuvas no município depende exclusivamente dos fatores de larga, meso e grande escala, assim como das contribuições dos efeitos locais, por exemplo, o posicionamento da ZCIT (Medeiros et al., 2013).

Tabela 3. Balanço hídrico climatológico de Cabaceiras – PB.

Meses	T(°C)	P(mm)	ETP(mm)	ETR(mm)	DEF(mm)	EXC(mm)
Jan	25,1	21,3	121,1	21,3	99,8	0,0
Fev	24,9	40,0	109,6	40,0	69,6	0,0
Mar	24,7	54,4	116,3	54,4	61,9	0,0
Abr	23,9	60,8	101,6	60,8	40,8	0,0
Mai	23,0	41,7	92,5	41,7	50,8	0,0
Jun	22,0	41,9	76,9	41,9	34,9	0,0
Jul	21,4	37,2	74,1	37,2	36,9	0,0
Ago	21,6	14,4	76,2	14,4	61,8	0,0
Set	22,8	4,3	87,8	4,3	83,5	0,0
Out	23,9	3,2	105,9	3,2	102,7	0,0
Nov	24,6	3,8	113,0	3,8	109,2	0,0
Dez	25,0	8,9	123,0	8,9	114,1	0,0

Legenda: Temperatura média do ar (T), Precipitação (P), Evapotranspiração potencial (ETP), Evaporação real (ETR), Deficiência hídrica (DEF) e Excesso Hídrico (EXC).

Analisando a deficiência hídrica, ilustrada na Figura 2, verifica-se que ocorrem eficiência hídrica o ano todos. Observa-se ainda que ocorra um alto índice de água evapotranspirada quando comparada a precipitação climatológica registrada, esta diferença gera déficit da ordem de 865,9 mm por ano.

Para garantir produtividade em quantidade e qualidade das culturas Santos et al., (2010) afirmam que é indispensável o uso de sistemas de irrigação em regiões que apresentam deficiência hídrica acentuada, principalmente quando este déficit se estende em quase todos os meses do ano.

O comportamento da deficiência hídrica deve ser observado cuidadosamente no planejamento agrícola, visando uma agricultura mais segura e economicamente viável, recomenda-se o uso de sistemas de irrigação. O conhecimento histórico das condições climáticas é importante para efetuar o planejamento dos cultivos e o manejo a ser realizado durante o ciclo das culturas, observando-se cuidadosamente a variabilidade da precipitação e a intensidade da evapotranspiração, o que pode ser evitado, ou, reduzir ao máximo, a ocorrência de déficit hídrico (Marengo et al., 2004).

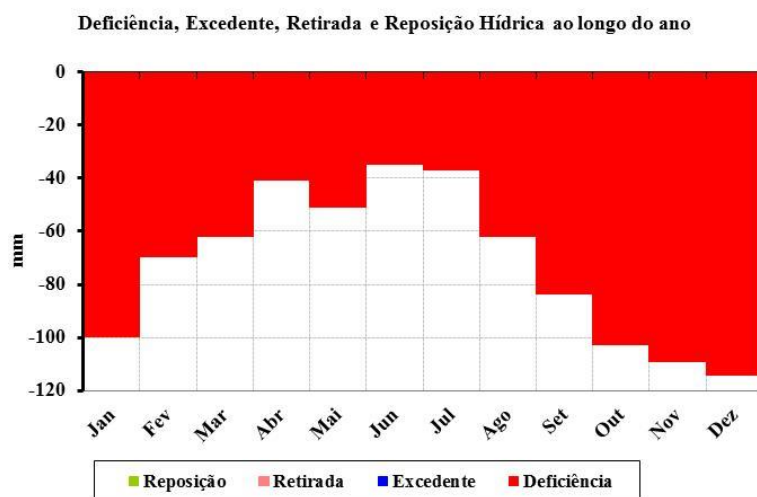


Figura 2. Balanço Hídrico Climatológico médio mensal pelo método de Thornthwaite e Mather (1948, 1955) para o município de Cabaceiras.

Através do balanço hídrico climatológico foi possível determinar os índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e o CV, onde o CV é a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, determinada pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente). Tais índices determinam a classificação climática, baseada em observações e estudos realizados nas condições do Sudeste árido dos Estados Unidos da América e aplicado ao resto do mundo, proposto por Thornthwaite (1948).

Utilizando o índice hídrico (Ih) definiu-se o tipo de clima como Seco subúmido (C₁), através da evapotranspiração potencial anual obteve-se a classificação térmica como sendo um clima Megatérmico (A'), como o Ih < 0 genericamente designados como "climas secos" são enquadrados de acordo com o índice de umidade (Iu) assim originando o subtipo climático (S₂) com acentuado excesso de água, e em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente (CV), definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada foi estabelecido outro subtipo climático (a') indicando a percentagem da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano.

A fórmula da classificação climática para o município de Cabaceiras encontra-se na Tabela 4. Segundo Thornthwaite (C₁ A' S₂ a') esta significa dizer que a região constitui de um clima Seco subúmido, Megatérmico, com pequeno ou nenhum excesso de água e com 28,5% da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano (novembro, dezembro e janeiro).

O sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) permite separar eficientemente os climas de uma região, uma vez que o método é muito sensível aos totais de chuva, temperatura e relevo da região estudada, resultando em maior número de tipos climáticos, gerando informações eficientes através do balanço hídrico normal, demonstrando a capacidade para delimitação das zonas agroclimáticas (Rolim et al., 2007).

Tabela 4. Classificação climática de Thornthwaite e Mather (1948, 1955) para o município de Cabaceiras.

Ia	Iu (%)	Ih	Tipo climático em função do índice hídrico (Ih)	Tipo climático em função da Evapotranspiração Potencial (ETP)	Subtipo climático em função de Ih e Iu	Subtipo climático em função do (CV)
0,72	72,29	0,43	C ₁	A'	S ₂	a'

A partir dos resultados do balanço hídrico climatológico e da relação da evapotranspiração e precipitação elaborou-se o evapopluviograma como expressa a Figura 3, para a efetivação do zoneamento agroclimático para as culturas em Cabaceiras.

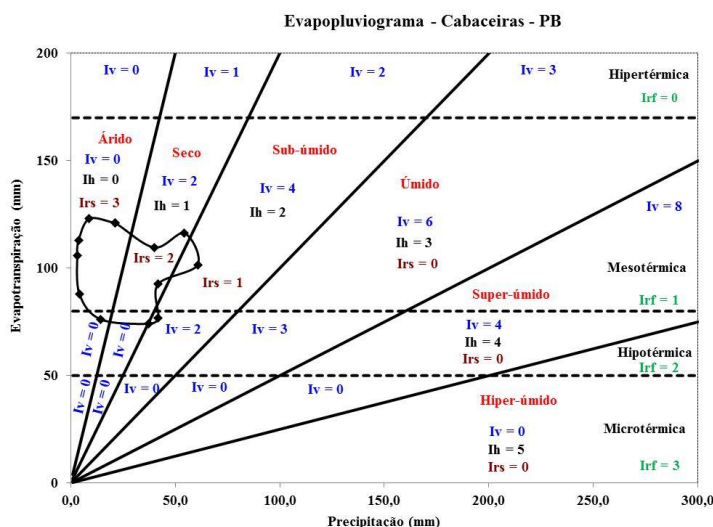


Figura 3. Evapopluviograma com os setores hídricos e faixas térmicas para o município de Cabaceiras.

Após passarem por fase de cálculos, evapopluviograma e aplicação em tabelas, os resultados dos índices climáticos estão expostos na Tabela 5. Estes índices estão de acordo com vários estudos realizados para o nordeste, conforme Medeiros et al., (2013).

Francisco et al., (2011) relatam que estes índices indicam as condições para explorar a cultura de forma sustentável visando o planejamento para que se tenha retorno econômico, com base no clima e solo desta localidade para obtenção de uma maior produtividade.

Tabela 5. Índices climáticos para o município de Cabaceiras.

Índice Climático	Ih	Iv	Irs	Irf	Cv	Ta	P	ETP	DEF	EXC
					(%)	(°C)				
Valor	-0,43	12	26	0	28,5	23,6	332	1197,5	865,9	0

Wollmann e Galvani (2013) relatam que as condições locais hídricas e de clima, são levadas em consideração no zoneamento agroclimático, visando à exploração de culturas economicamente rentáveis. São estas as características agroclimáticas desta localidade que determinam aptidão ao desenvolvimento das culturas.

De acordo com os índices climáticos da Tabela 5 aplicados em relação à Tabela 2 realizou-se o zoneamento agroclimático de algumas culturas para a região, com aptidão moderada, restritas e inaptas. Determinou-se em Cabaceiras as culturas e suas atividades fisiológicas que se adaptam às disponibilidades climáticas e hídricas locais, que se encontram na Tabela 6.

Tabela 6. Zoneamento Agroclimático de algumas culturas para Cabaceiras.

Cultura	Índice Climático	Aptidão
Abacaxi	$-40 \leq I_h < -30$	Restrita
Algodão herbáceo	$I_{sv} > 1; I_{rs} \geq 4$	Inapta
Banana	$D > 700 \text{ m}$	Inapta
Caju	$700 < D < 900 \text{ mm}$	Inapta
Cana-de-açúcar	$I_h < -10$	Inapta
Feijão	$I_v < 20; D > 20 \text{ mm}$	Inapta

De acordo com os dados obtidos observa-se que o cultivo de algodão herbáceo evidenciou aptidão moderada com período vegetativo normal, porém com ocorrência de seca. Já a cultura do abacaxi é restrita ao cultivo devido a limitações por deficiência hídrica acentuada. A produção de caju fica restrita por razão da deficiência hídrica severa na maioria dos solos sendo possível o cultivo somente através do suprimento de água por irrigação. O feijoeiro também está restrito devido à deficiência hídrica acentuada, necessitando suprimento de água por irrigação, apresentando deficiência hídrica severa para o desenvolvimento da cultura, ou insuficiência térmica o cultivo de milho fica restrito para a região.

O cultivo de banana é considerado inapto em função da deficiência hídrica muito severa, sendo possível somente através de irrigação. A cultura da cana-de-açúcar evidenciou inaptidão por causa da carência hídrica muito severa para a cultura.

Apesar desta região possui uma faixa de temperatura do ar adequada ao desenvolvimento e formação das estruturas reprodutivas das culturas, a deficiência hídrica acentuada limita a exploração de culturas rentáveis exigentes em grande volume de água, já que não chove suficiente para haver armazenamento de água no solo.

Nesse contexto, para que se possa produzir no município faz-se necessário o planejamento adequado e a utilização de um sistema de irrigação eficiente e compatível com a demanda de água da cultura e a quantidade disponível na propriedade para utilização na agricultura.

Conclusões

Os principais fatores limitantes a produção das culturas na região, são: deficiência hídrica acentuada, ocorrência de seca prolongada. O cultivo é possível somente através do suprimento de água por irrigação.

A região possui um clima seco subúmido, Megatérmico, com acentuado excesso de água e com 28,5% da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano.

Cabaceiras possui aptidão restrita para o cultivo de abacaxi, caju, feijão e milho, já a banana e cana-de-açúcar são inaptas ao cultivo, apenas o algodão herbáceo apresentou condições moderada.

O uso da irrigação torna-se indispensável, principalmente nos meses que apresentam maior déficit hídrico, podendo adotar o manejo da irrigação com base nos dados históricos de evapotranspiração e desta forma garantir a produtividade máxima das culturas.

TEORIA DA ENTROPIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

Raimundo Mainar de Medeiros
Leandro Fontes de Sousa
Danilo Ericksen Costa Cabral

Introdução

A região semiárida nordestina é, fundamentalmente, caracterizada pela ocorrência de chuvas escassas, irregulares (espacial e temporal) de secas frequentes, sendo usual a ocorrência de eventos de alta intensidade e de pouca duração de tempo, desprovido de volume de escoamento de água dos rios, essa situação pode ser explicada em função da variabilidade temporal das precipitações e das características geológicas dominantes, além dos sistemas meteorológicos atuantes.

O semiárido nordestino caracteriza-se por um acentuado déficit hídrico com precipitação anual média abaixo da isoietas de 800 mm, e elevada variabilidade na distribuição espacial e temporal das chuvas (sazonalidade inter e interanual), onde se localizam as áreas com menor índice de desenvolvimento humano (SUDENE, 2000). A precipitação pluvial média anual no semiárido do Estado da Paraíba é inferior a 800 mm e, na parte litorânea, os totais anuais podem superar os 1500 mm. A variação espacial da precipitação pluvial no Estado é provocada por diferentes sistemas atmosféricos que atuam na costa Leste do Nordeste do Brasil.(Silva et al, 2003).

Em termos geológicos, é constituído por dois tipos estruturais: o embasamento cristalino, representado por 70% da região semiárida, e as bacias sedimentares, os solos geralmente são rasos (cerca de 0,60 m), apresentando baixa capacidade de infiltração, alto escoamento superficial e reduzida drenagem natural. Prado (2008) destaca que os rios no semiárido recebem água diretamente das chuvas, portanto fluem na estação chuvosa e desaparecem, ao seu término, de forma gradual. Os rios intermitentes estão vastamente espalhados nesta região, sendo caracterizados por extremos de cheia e seca, e formação de poças temporárias ou efêmeras no leito seco dos rios.

A precipitação pluvial é um dos elementos meteorológicos que apresenta maior variabilidade tanto em quantidade quanto em distribuição mensal e anual de uma região para outra (Almeida, 2003). Segundo Aragão (1975), a principal razão da existência do semiárido nordestino é a ausência de um mecanismo dinâmico que provoque movimentos ascendentes.

Nesse contexto, este trabalho objetiva analisar a variabilidade dos padrões diários, mensais e anuais de ocorrência de chuva da série pluviométrica (1930-2010) de Cabaceiras, região inserida no semiárido paraibano, e discutir acerca da disponibilidade hídrica na área de estudo, observando o comportamento da entropia, da precipitação e dos desvios-padrão da entropia e da precipitação nos períodos analisados.

Materiais e métodos

A entropia é uma grandeza termodinâmica em regra associada ao grau de desordem, medindo parte da energia que não pode ser transformada em trabalho, inicialmente utilizado por Clausius em 1850. É uma função de estado cujo valor cresce durante um processo natural em um sistema fechado, esta grandeza permite definir a Segunda Lei da Termodinâmica, assim, um processo tende a dar-se de forma espontânea em único sentido. Pode ser entendida como o aumento da desordem interna de um sistema enquanto a reserva interna de energia livre diminui (Epstein, 1988). A entropia está relacionada com o número de configurações (ou arranjos) de mesma energia que um dado sistema pode assumir, pois quanto maior o número de configurações, maior a entropia. Por esta razão, a entropia é geralmente associada ao conceito subjetivo de desordem, envolvendo também as diferentes possibilidades de configurações energéticas. Por isso, a noção de desordem, embora útil e muito comum, pode ser imprecisa e incompleta em muitos casos.

Em 1877, Ludwig Boltzmann visualizou um método probabilístico dentro da mecânica estatística para medir a entropia. Em 1895, Max Karl Ernest Ludwig Planck, defendeu a forma de Clausius para a segunda lei da termodinâmica, assim como a absoluta validade das leis da natureza, e ocupou posição principal na procura de constantes absolutas na segunda metade do século XIX, em 1880, ele recebeu o *venia legendi* pelo seu trabalho em que estendia a teoria mecânica do calor, usando o conceito de entropia para tratar forças elásticas agindo em corpos a diferentes temperaturas. Shannon (1948) utilizou o conceito de entropia na análise econômica e na solução de problemas relacionados com a teoria de codificação e transmissão de dados.

No estudo da variabilidade de precipitação, as probabilidades são definidas como a frequência que ela ocorre em determinado período. A variabilidade espacial e temporal da precipitação, quando considerado a sua incerteza e irregularidade ao longo do tempo, mostra-se como um dos problemas em estudos climatológicos. A variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial, face à sua incerteza e irregularidade ao longo do tempo, constitui-se num problema crucial em estudos climatológicos. Essa variabilidade é ainda maior em regiões tropicais, particularmente no Nordeste do Brasil onde atuam vários sistemas atmosféricos, como a zona de convergência intertropical, os sistemas frontais, as brisas de leste e os vórtices ciclônicos. Esta variabilidade mostra-se maior em regiões tropicais do globo terrestre, dentre elas o Nordeste brasileiro (Silva et al., 2003).

Essa contribuição à teoria moderna da informação tem sido atualmente aplicada em diversas áreas do conhecimento, tais como em hidrologia (Singh e Rajagopal, 1987), matemática (Dragomir et al., 2000), economia (Kaberger e Mansson, 2001), ecologia (Ricotta, 2001), climatologia (Kawachi et al., 2001) e em medicina (Montaño et al., 2001).

Shannon (1948) utilizou os conceitos de Mecânica Estatística desenvolvidos por Boltzmann e aplicou na análise dos sistemas de comunicação. O grau de aleatoriedade de um sistema é mais bem compreendido através da determinação do grau de liberdade, ou seja, da forma com que as mensagens se distanciam dos padrões encontrados. Notadamente, nos estudos onde a quantidade de dados é muito grande, a aplicação dos conceitos da teoria da entropia facilita a identificação de informação genuína dos padrões estruturais. Essa teoria, por sua vez, parece ter inaugurado uma nova abordagem para a compreensão de fenômenos das mais diversas

áreas. Isso pode ser verificado pela influência exercida na Física, na Genética, dentre outros ramos de estudo.

Para Bertoni e Tucci (1993), o conhecimento da precipitação durante o ano é o fator determinante para estimar, dentre outras ações, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial. Visto dessa forma, a precipitação configura-se como uma das variáveis meteorológicas indispensáveis ao processo de desenvolvimento socioeconômico de uma região.

Moulin (2005) afirma que os dados de precipitação são importantes à medida que podem se tornar fundamentais para diversas atividades humanas, a exemplo da geração de energia elétrica, da navegação fluvial, dos sistemas de irrigação, da exploração de aquíferos, da prevenção de erosão hídrica, das obras de engenharia (pontes, viadutos, portos e obras para dispersão de poluentes em corpos de água), da ocupação do solo no tocante a áreas inundáveis e do suprimento de água para cidades e complexos industriais.

O potencial de recursos hídricos sempre foi determinante na sobrevivência e evolução de uma sociedade. A água funciona como fator de desenvolvimento, pois ela é utilizada para inúmeros usos diretamente relacionados com a economia regional, nacional e internacional. Os usos múltiplos da água aceleram-se em todas as regiões, continentes e países, aumentando à medida que as atividades econômicas se diversificam e as necessidades por este recurso natural crescem para atingir níveis de sustentação compatíveis com as pressões da sociedade de consumo, da produção industrial e agrícola (Tundisi, 2003).

Liu et al. (2010) utilizaram a entropia cruzada no intuito de analisar séries temporais de taxas de câmbio em países asiáticos verificando o nível de sincronia entre duas séries temporais. De modo particular, nas cidades de Cingapura, Tailândia e Taiwan, os valores da entropia cruzada após a crise das moedas asiáticas foram superiores aos mesmos valores observados no período anterior à crise. Para os autores, a entropia cruzada é bastante eficiente na descrição da correlação entre séries temporais.

Segundo Maruyama et al. (2005), a principal questão a ser observada quando se usa a teoria da entropia nessas aplicações é verificar o grau de incerteza ou a medida da desordem de ocorrência de chuva. A distribuição espacial da precipitação está relacionada a fatores meteorológicos e hidrológicos. O conhecimento das condições climáticas e topográficas de uma região pesquisada é, portanto, necessário para a localização de redes de medição de chuva numa bacia hidrográfica afim de que se possam obter boas informações das observações realizadas.

A incerteza pode ser quantificada pela entropia, levando-se em conta todos os tipos de informações disponíveis, e representada pela distribuição de probabilidade da variável controlada. Interpretando um conjunto composto por n elementos e se considerando p_i como a probabilidade de encontrar o sistema no i -ésimo microestado, a entropia de Shannon é igual à entropia da mecânica estatística (Silva et al., 2003).

Uma amostra pequena de dados reflete, muitas vezes, a dificuldade na análise da distribuição de probabilidade da variável por métodos convencionais. Sendo assim, pode-se amenizar esse tipo de problema por meio do uso da teoria da entropia, a qual é capaz de determinar distribuições de probabilidade menos parciais com pequenas amostras de dados. Essa característica da entropia é particularmente importante principalmente em estudos onde a escassez de dados é grande (Sousa et al., 2012).

Princípio da entropia

A teoria da entropia da informação foi inicialmente definida por Shannon (1948). Neste estudo a entropia foi considerada como a estimativa da incerteza da ocorrência de um determinado evento num processo aleatório discreto, que pode ser obtida por:

$$H = -k \sum p_i \log p_i$$

Onde:

p_i é o resultado da probabilidade da i -ésima variável aleatória discreta, k é uma constante positiva, cujo valor depende das unidades utilizadas, e H é a entropia da variável aleatória.

Assumindo a constante k , como unidade de estimativa, igual a 1 e a base do logaritmo 2, a Eq. (1) pode ser simplificada como:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

Onde:

H é obtido em “bit”, como unidade de medida da entropia, e n é o número possível de eventos da variável aleatória discreta.

A unidade de entropia pode ser bit para a base 2, napiers ou nats para a base neperiana e hartley para a base 10. Neste trabalho será utilizada a unidade bit para entropia, que significa dígito binário, ou seja, a menor unidade na notação numérica binária, que pode assumir o valor 0 ou 1.

Se todos os p_i 's são iguais, isto é, $p_i = \frac{1}{n}$, então a entropia é $H = \log_2 n$. Assim, H é uma função monotonamente crescente em n . Para um dado n , H é máximo quando todos os p_i 's são iguais. Ao contrário, H é mínimo e igual a zero quando todos os p_i 's, exceto um, é zero. Isso significa que todo resultado da variável aleatória é sempre o mesmo e, portanto, um dos p_i 's torna-se unitário. Assim, o valor da entropia, varia dentro do intervalo de zero a $\log_2 n$, de acordo com a forma da distribuição de probabilidade dos p_i 's.

O valor da entropia decresce com o aumento do número de contraste e aumenta com o decréscimo desse número. Visto dessa maneira, a entropia pode ser considerada como uma estimativa funcional da incerteza associada à distribuição de probabilidade.

Para cada série histórica de precipitação de um ano, será admitido que r_i seja a precipitação pluvial diária correspondente ao i -ésimo dia do ano. Por exemplo, valores diários da precipitação pluvial de 1 de janeiro e 31 de dezembro para o mesmo ano podem ser expressos por r_1 e r_{365} , respectivamente. Assim, a precipitação total durante o ano (R), pode ser expressa pelo somatório dos valores diários, variando de $i = 1$ até $i = 365$:

$$R = \sum_{i=1}^{365} r_i$$

onde os valores de r_i podem ser zero para alguns dias e diferentes de zero para outros.

As séries de precipitação formadas por r_1, r_2, \dots, r_n podem, assim, ser fixadas como a frequência de ocorrência acumulada de chuvas para 1, 2, ..., i -ésimo dia do ano, respectivamente. Assim, a frequência relativa da precipitação (p_i) será obtida dividindo-se r_i pelo tamanho total da amostra (R), ou seja:

$$p_i = \frac{r_i}{R}$$

A frequência relativa (p_i) será fixada como uma probabilidade de ocorrência do total da precipitação no i -ésimo dia, e, portanto, sua distribuição representa a característica probabilística da partição temporal da precipitação ao longo do ano, isto, é a ocorrência da incerteza da precipitação. Substituindo a Eq. acima na Eq. posterior, teremos:

$$H = - \sum_{i=1}^n \frac{r_i}{R} \log_2 \left(\frac{r_i}{R} \right)$$

De acordo com a Eq. (5) o valor de H é independente da ordem sequencial de r_i na série temporal; assume o valor zero quando R ocorre apenas uma vez no ano e o valor máximo ($\log_2 n$) quando R ocorre em todos os dias do ano. Logo, a entropia aproxima-se do seu valor máximo quanto mais uniforme for sua distribuição, isto é, quando os dados da série apresentam pouca variabilidade temporal. Assim, H pode ser uma estimativa da variabilidade da precipitação no sentido de escala.

Quando as séries de precipitação anuais para n anos estão disponíveis, para um mesmo posto pluviométrico, a melhor estimativa da entropia anual pode ser obtida através da média aritmética dos valores da entropia:

$$\bar{H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H$$

Onde:

H é a entropia média e

n o número de anos que foram utilizados no cálculo de H .

O ganho de uma informação resulta no decréscimo da entropia e vice-versa. A entropia torna-se zero quando existe certeza absoluta da ocorrência de certo evento, ou estatisticamente, quando todas as probabilidades de um conjunto, exceto uma, é zero.

Resultados e discussão

Os dados pluviométricos diários para o município de Cabaceiras, no período de 1926 a 2011, foram utilizados na análise da entropia da precipitação pluvial anual. O comportamento da precipitação está representado na Figura 1, onde perceber certa regularidade dos totais anuais precipitados com mínimos no início do período considerado e em alguns anos iniciais da década de 1930, década de 1940, na década de 1950 e início da década de 1960. Por outro lado, o final da década de 1950 apresentou os menores índices pluviométricos. Esses resultados corroboram com Xavier (2012) que consideraram uma cronologia para os eventos El Niño (EN) e La Niña (LN) ao longo do período 1900 – 2000.

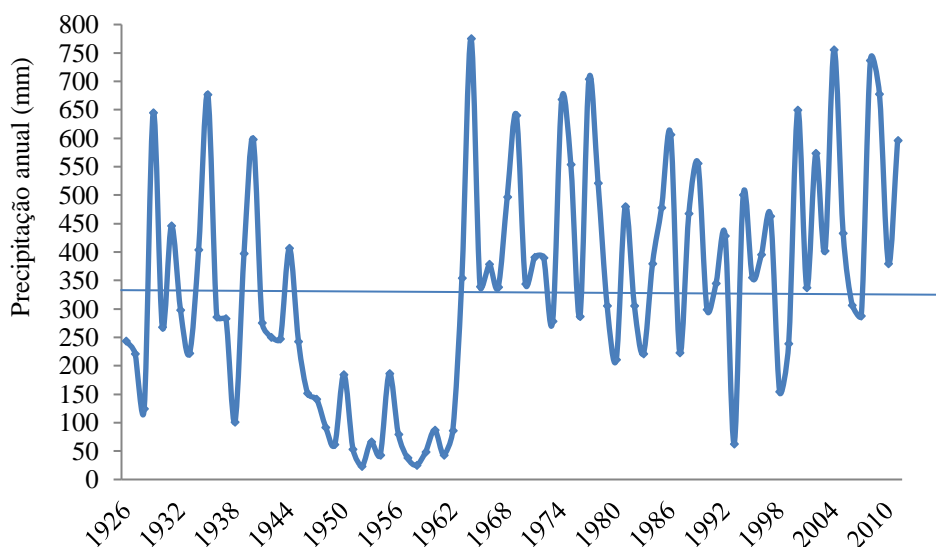


Figura 1. Comportamento da precipitação pluvial anual em Cabaceiras - PB (1926 – 2011).

Tomando-se como base os dados diários de precipitação, foram obtidos os totais mensais e anuais para todo o período. A Figura 2 exibe o curso anual da entropia da precipitação pluvial. Observa-se um comportamento relativamente homogêneo da entropia anual no decorrer do período considerado. Esse fato é comprovado pela Figura 3 que esboça o desvio-padrão dessa variável anual. Notar que a entropia decresce exatamente nos períodos de menores precipitações, demonstrando assim a variabilidade da ocorrência de chuvas nesse período.

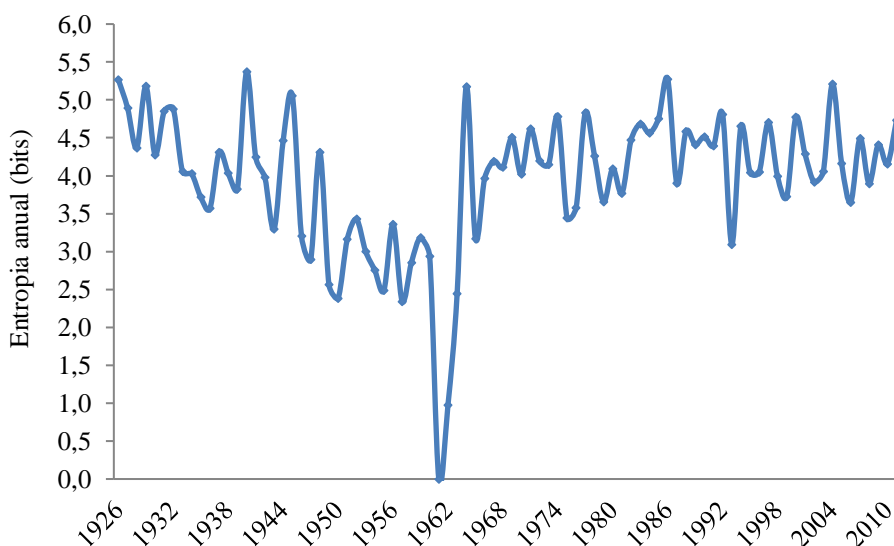


Figura 2. Entropia anual da precipitação pluvial

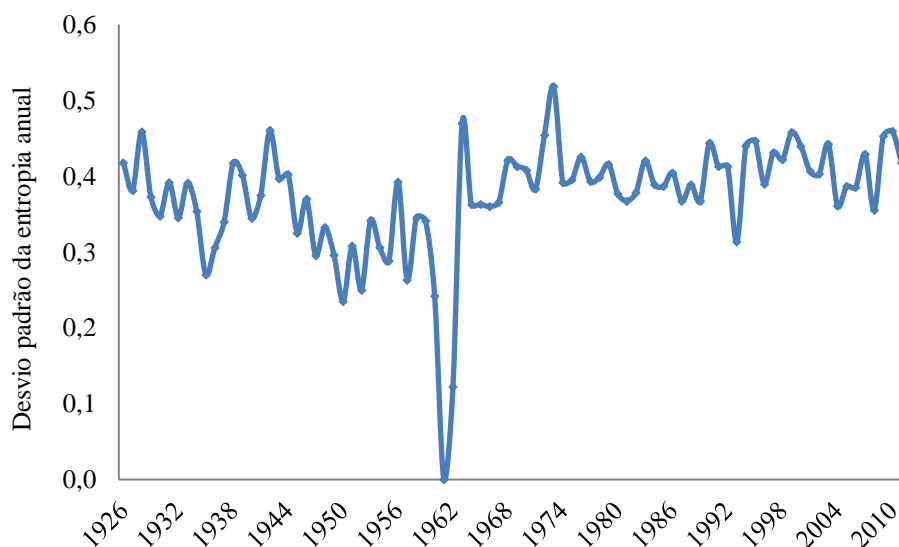


Figura 3. Desvio-padrão da entropia anual.

A Tabela 1 exhibe algumas estatísticas básicas da entropia e da precipitação pluvial com base em totais diários e anuais de precipitação pluvial. O percentual da média se refere ao percentual do parâmetro analisado representado pelo desvio-padrão. Assim, observa-se que a média da entropia calculada com base em valores diários de precipitação pluvial (7,52 bits) é superior àquele obtido com a utilização dos dados anuais (4,39 bits). Assim como mostrado na Figura 2 e 3, os valores da entropia e do desvio-padrão da entropia apresentam mesmo padrão de comportamento, sendo o percentual anual da média o de menor representatividade. Segundo Maruyama et al. (2005), a técnica da entropia é mais eficiente para detectar a desordem dos dados em torno da média do que o método convencional da variância. Essa ideia está aqui bem comprovada, pois o desvio-padrão da entropia, enquanto medida de variabilidade dos dados, se comporta inversamente ao desvio-padrão da precipitação pluvial.

Tabela 1. Estatística da entropia e da precipitação com base em totais diários e anuais de precipitação em Cabaceiras no período 1926 - 2011.

Parâmetros estatísticos	Entropia (bits)		Precipitação (mm)
	Diária	Anual	Anual
Média	7,52	4,39	336,6
Desvio-padrão	0,927	0,073	199,5
Percentual da média	59,3	0,017	59,3

A Figura 4 exhibe o desvio-padrão da entropia diária, com valores reduzidos, com exceção do período 1945-1955, para o qual observamos valores próximos da média dos demais anos. Nesse período em destaque, enquanto indicativo de uma maior oscilação entre os dados médios, nota-se exatamente os menores valores de entropia (Figura 2). Logo, a entropia aproxima-se do seu valor mínimo à medida que houver menos uniformidade de sua distribuição, isto é, quando os dados da série apresentam variabilidade temporal.

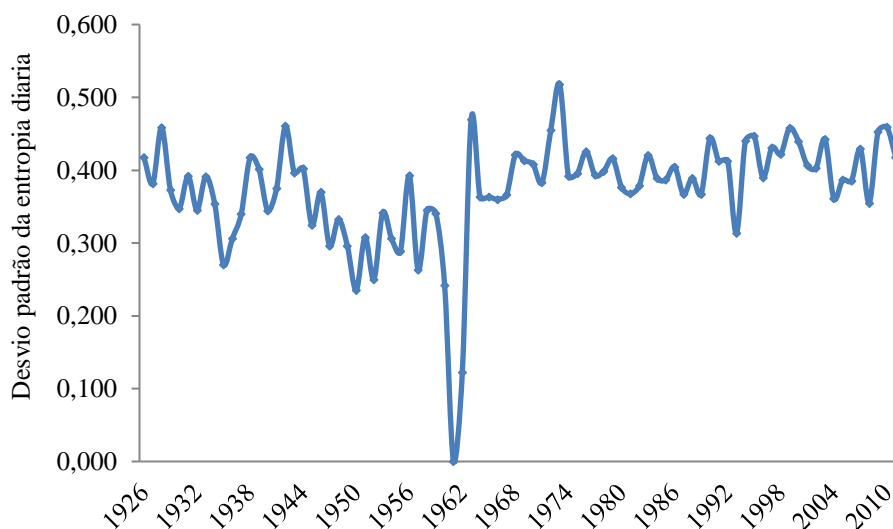


Figura 4. Desvio-padrão da entropia diária para Cabaceiras (1926 – 2011).

A Figura 5 mostra a correlação entre o desvio-padrão da entropia diária e o desvio-padrão da entropia anual. Observa-se um forte relacionamento positivo entre os valores diários e anuais de entropia. O coeficiente de determinação entre esses desvios foi de 93% e a curva ajustada foi uma função linear.

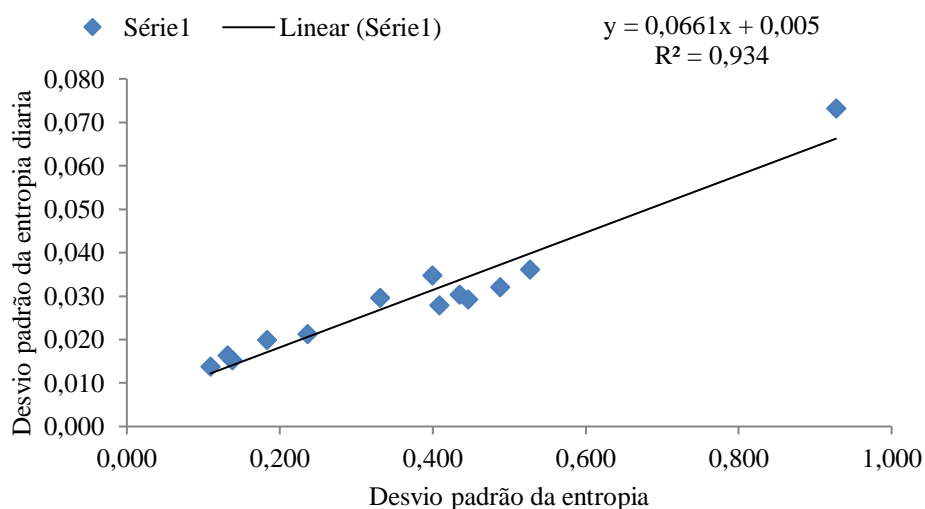


Figura 5. Correlação entre valores diários e anuais de entropia em Cabaceiras (1926-2011).

O relacionamento entre coeficientes de variação diários e anuais de entropia é mostrado na Figura 6. Neste caso, a correlação é crescente e com variância explicada próximo aos 50%, sendo a curva ajustada a uma função linear. Os resultados mostram que a entropia diária, enquanto estimativa funcional da incerteza associada à ocorrência de chuva nesse curto período, não apresenta um mesmo padrão que aquele observado em escala anual.

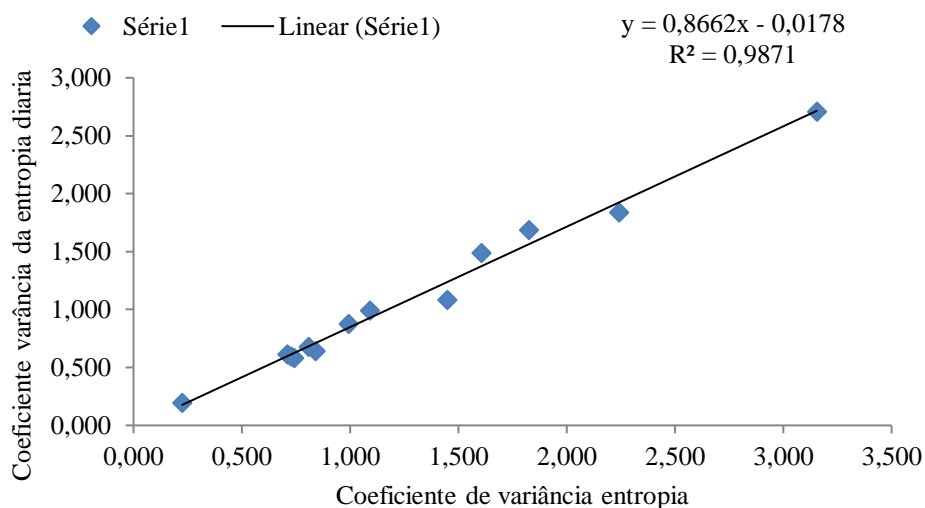


Figura 6. Relacionamento entre variância explicada diária e anual da entropia da precipitação em Cabaceiras - PB (1926-2011).

A correlação entre valores anuais de precipitação e entropia anual é mostrada na Figura 7. A análise da figura exibe o padrão de relacionamento entre essas variáveis ajustadas a uma função exponencial. É possível observar que, em escala anual, a entropia se apresenta como uma medida de confiabilidade da probabilidade de incidência (ou não) de precipitação.

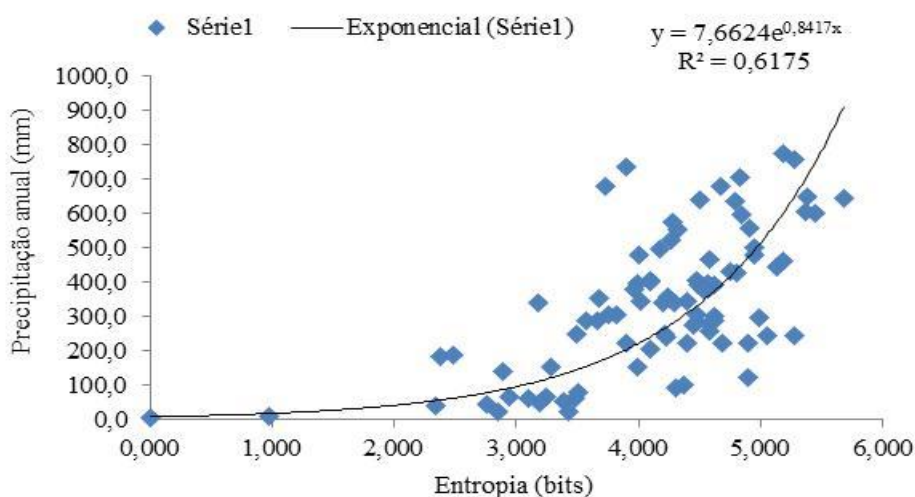


Figura 7. Relacionamento entre entropia anual e precipitação anual em Cabaceiras (1913-2011).

Conclusões

O desvio-padrão da entropia anual varia uniformemente aos valores de entropia, mostrando com isso uma pequena oscilação de seus dados em torno dos valores médios. A técnica da entropia se constitui uma ferramenta mais apropriada para expressar a variabilidade de dados em torno da média do que a técnica convencional do desvio-padrão. A variabilidade dos padrões de ocorrência de precipitação no município de Cabaceiras é maior nos períodos de La Niña do que nos períodos de EL Niño.

USO DO SENSORIAMENTO REMOTO E SIG APLICADO AO ESTUDO DA DESERTIFICAÇÃO

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva
Raimundo Mainar de Mendeiros
Claudeam Martins Gama
Victor Herbert de Alcântara Ribeiro

Introdução

O sensoriamento remoto representa uma ferramenta eficaz na compreensão do estado atual, o desenvolvimento e a tendência de áreas com processos de desertificação, provendo informações para pesquisas sobre mecanismos internos, processos atuais e diferenças espaciais e temporais da desertificação.

Através de avanços tecnológicos advindos dos sensores remotos, por meio de imagens de satélites, se torna possível observar a distribuição espacial das coberturas vegetais, tal qual como suas modificações em diversos períodos, possibilitando o monitoramento do ambiente – tudo devido ao avanço das técnicas de melhoramento dos sensores localizados nas plataformas orbitais e nas técnicas de sensoriamento remoto.

Assim, o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o Sensoriamento Remoto constituem-se em alicerces formidáveis para o monitoramento e gerenciamento das mudanças de cobertura e uso da terra, que se complementam e apoiam estudos ambientais mais profícuos, menos onerosos, e com obtenção de resultados em um curto espaço de tempo (Jensen, 2009). A vegetação representa um indicador expressivo da qualidade e preservação ambiental, pois a mesma expressa interações significativas com fatores abióticos naturais e as atividades humanas, sendo assim o tipo mais frequente de recobrimento da terra em áreas continentais.

Nesse sentido, os índices de vegetação têm sido largamente utilizados na determinação e estimativa do índice de área foliar, biomassa e radiação fotossintética ativa. Para estudos ambientais que contemplem a realidade de regiões semiáridas, como a área de estudo dessa pesquisa, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento representam ferramentas eficazes para o levantamento dos recursos naturais e o monitoramento das alterações ambientais e antrópicas, pois permite o cálculo de vários índices, entre eles o índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN).

Entre os quatro indicadores do processo de desertificação recomendado pela Organização das Nações Unidas (ONU), encontra-se o índice de vegetação por diferença normalizada, indicador biofísico para avaliação e monitoramento sazonal e interanual das alterações dos ambientes.

A pressão econômica praticada sob a terra é um fator comum em locais que lidam com degradação dos solos de maneira intensa. Porém, ambientes com níveis de precipitações pluviométricas baixas, pouca disponibilidade de água, solos rasos e clima seco são espontaneamente frágeis a técnicas agropecuárias predatórias, devido ao seu poder de recomposição lento. Logo, regiões áridas, semiáridas e sub úmidas secas possuem uma vulnerabilidade ambiental maior a desertificação.

Materiais e métodos

Cálculo do IVDN

Para identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal, optou-se por utilizar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN). O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) foi obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (r_{IV}) e do vermelho (r_V) e a soma entre elas (Tucker, 1979 apud Tasumi, 2003):

$$IVDN = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V}$$

em que r_{IV} e r_V correspondem, respectivamente, às refletividades das bandas 4 e 3 do TM - Landsat 5. O IVDN é um indicador da quantidade e da condição da vegetação verde da área e seus valores variam de -1 a +1.

A razão entre as bandas 3 e 4 resultou numa nova imagem onde as áreas com vegetação são realçadas, assumindo tons de cinza mais claros, enquanto que as áreas com o solo exposto aparecem em tons de cinza mais escuros, esse resultado deve-se a assinatura espectral da vegetação que se diferencia dos demais alvos. Para realizar a classificação da cobertura vegetal foi necessária a coleta de amostras de treinamento do Classificador Bhattacharya, segundo a metodologia utilizada por Lima (2010) foi utilizada os intervalos de variação do IVDN listados na Tabela 1, obtidos por leitura de pixels da imagem.

Resultados e discussões

No mapa de cobertura vegetal para o ano de 1988 (Figura 2), observa-se que a classe solo exposto com uma área de 30,4 km² representa 6,7% da área total, a classe de vegetação rala apresenta 107,3 km² correspondendo a 23,7%, a classe de vegetação semidensa com 163,0 km² representando 36,0%, e a classe densa com 141 km² representando 31,1% da área total.

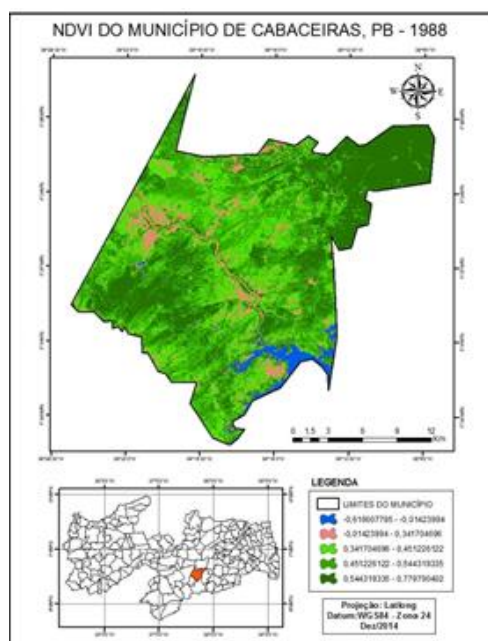


Figura 2. Mapa digital das classes de cobertura vegetal de Cabaceiras – PB. (1988)

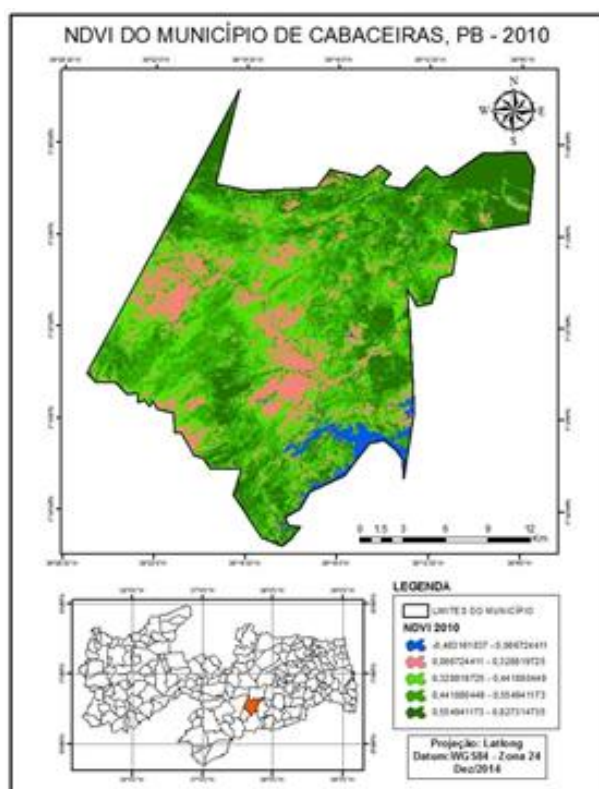


Figura 3. Mapa digital das classes de cobertura vegetal de Cabaceiras – PB. 2010.

O mapa de cobertura vegetal para o ano de 2010 (Figura 3) observa-se que a classe solo exposto com uma área de 67,53 km² representa 14,9% da área total, a classe de vegetação rala apresenta 125,9 km² correspondendo a 27,8%, a classe de vegetação semidensa com 155,73 km² representando 34,4%, e a classe densa com 93,72 km² representando 20,7% da área total.

Tabela 1 : Áreas das classes de vegetação

Classes de Vegetação	1988 (km ²)	%	2010 (km ²)	%	Diferença %
Solo exposto	30,40	6,7	67,53	14,9	+8,2
Vegetação rala	107,3	23,7	125,9	27,8	+4,1
Vegetação Semi-densa	163	36,0	155,73	34,4	-1,6
Densa	141	31,1	93,72	20,7	-10,4

Observam-se na Tabela 1, os valores das diferentes classes de vegetação no período compreendido entre os anos de 1988 e 2010 (Figuras 3 e 4) correspondendo a 22 anos de temporalidade, pode-se observar que ocorreram acréscimos da vegetação rala (4,1%) e do solo exposto (8,2%). Assim, em consequência desses aumentos a vegetação semidensa e densa diminuem respectivamente, de 1,6% e de 10,4%.

Portanto, na região de estudo há uma tendência que a vegetação densa e semidensa tenham suas dimensões continuamente reduzidas contribuindo com o aumento da vegetação rala e posteriormente ao solo exposto.

Todos esses fatores juntamente com as características fisiográficas da região tais como (semiaridez, irregularidade de chuvas, solos rasos, topografia, entre outras) intensificam os processos erosivos, que aliados ao manejo inadequado dos recursos naturais, colaboram para o processo de desertificação.

Conclusões

As técnicas de sensoriamento remoto juntamente com o geoprocessamento podem gerar resultados satisfatórios precisos e de rápido acesso para a gestão de áreas degradadas e de semiaridez.

Conforme os dados analisados, podemos julgar que as ações antropogênicas foram capazes de mudar de maneira significativa a área em estudo, apresentando uma mudança na estrutura da vegetação acentuando os processos erosivos.

VARIABILIDADES MENSAIS, ANUAIS E DECADAL DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS, MÍNIMAS E MÉDIAS DO AR

Raimundo Mainar de Medeiros
Danilo Ericksen Costa Cabral

Introdução

A temperatura é um dos elementos meteorológicos, que explica os estados energéticos e dinâmicos da atmosfera e conseqüentemente revela a circulação atmosférica, facilitando e/ou bloqueando os fenômenos atmosféricos (Dantas et al., 2000).

A temperatura do ar desempenha influência sobre diversos processos vitais nas plantas, como a fotossíntese, respiração e transpiração, evidenciando no crescimento vegetal e, nos estádios de incremento das culturas (Lucchesi, 1987). Os valores das temperaturas do ar máximas e mínimas estão associados à disponibilidade de energia solar, nebulosidade, umidade do ar e do solo, vento (direção e intensidade) e a parâmetros geográficos como orografia, altitude e latitude local e da cobertura e tipo de solo (Ometto, 1981; Pereira et al., 2002).

A amplitude térmica influencia na definição das épocas de semeadura, na escolha de cultivares e na adoção de práticas de manejo que busquem modificar o ambiente de cultivo (Strasburger et al., 2011).

A temperatura do ar se destaca entre as variáveis atmosféricas mais utilizadas no desenvolvimento de estudos de impactos ambientais com mudanças nos processos meteorológicos e hidrológicos de acordo com Nogueira et al., (2012) e Correia et al., (2011).

A temperatura é um dos mais importantes elementos meteorológicos, pois traduz os estados energéticos e dinâmicos da atmosfera e conseqüentemente revela a circulação atmosférica, sendo capaz de facilitar e/ou bloquear os fenômenos atmosféricos conforme Dantas et al. (2000).

De acordo com Sedyama et al. (1998), na grande parte do território nacional a escassez de dados meteorológicos é um dos fatores que mais limitam a realização de estudos suficientemente detalhados sobre os tipos climáticos de diversas regiões, principalmente quando as mesmas apresentam ampla extensão territorial. Em todo o Nordeste brasileiro e no território paraibano, as variações de temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais do que daquelas decorrentes de variações latitudinais (Sales e Ramos, 2000).

Embora existam longas séries de dados de temperatura do ar para algumas localidades de uma dada região, pode não haver registro algum exatamente daquela localidade em que se está interessado. Outro fator diz respeito ao número de estações meteorológicas que é pequeno, tornando baixa a densidade das informações disponíveis sobre a temperatura, dificultando a caracterização do campo térmico. Estas situações são muito frequentes na prática e estimulam as concepções de técnicas que busquem estimar a temperatura em locais onde não há dados (Varejão-Silva, 2006).

A dinâmica da atmosfera se processa em diferentes escalas de espaço e de tempo, em função da ocorrência de fenômenos que operam em escala global tais como as grandes células de circulação meridional, El Niño/La Niña e Oscilação Sul (ENOS), Dipolo do Atlântico e em fenômenos que se processam regionalmente como no caso das massas de ar e sistemas atmosféricos secundários que são capazes de alterar o funcionamento habitual da circulação geral da atmosfera em conformidade com os autores (Varejão-Silva, 2006; Aragão, 1975).

De acordo com Pereira et al. (2013) a modelagem das estimativas das temperaturas máximas, mínimas e médias pode ser utilizadas técnicas de regressão linear múltipla e Krigagem

ordinária. O ajuste das equações de regressão para as estimativas de temperaturas máximas, mínimas e médias é uma alternativa viável para ampliar a base de dados climáticos, através de mapas temáticos de temperatura, fornecendo subsídios para um planejamento agropecuário (Medeiros et al., 2005).

Objetiva-se analisar a variabilidade espaço-temporal da temperatura máxima, média e mínima do ar para o município de Cabaceiras.

Materiais e métodos

Na metodologia foram elaborados valores da temperatura máxima, média e mínima do ar estimados pelo Software Estima_T (Cavalcanti e Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006).

O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal, em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude em conformidade com os autores Cavalcanti e Silva (2006), dada pela Equação.

$$T=C0 + C1 \lambda + C2\varnothing + C3h + C4 \lambda^2 + C5 \varnothing^2 + C6h^2 + C7 \lambda \varnothing + C8 \lambda h + C9\varnothing h$$

Onde:

C0, C1, ..., C9 são as constantes;

$\lambda, \lambda^2, \lambda \varnothing, \lambda h$ longitude;

$\varnothing, \varnothing^2, \lambda \varnothing$ latitude;

$h, h^2, \lambda h, \varnothing h$ altitude.

Também se pode estimar a série temporal de temperatura, adicionando a esta anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical de acordo com Cavalcanti e Silva (2006).

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij}$$

Onde:

$i = 1, 2, 3, \dots, 12;$

$j = 1950, 1951, 1952, 1953, \dots, 2014.$

Elaborou-se uma planilha eletrônica com os dados preenchido os faltantes com os dados obtidos com o Estima_T, e após calculado as médias mensais, anuais calculou-se os valores decenais e a média histórica, desvio padrão, coeficiente de variância (coef. variância), máxima e mínima absoluta para Cabaceiras Medeiros (2013).

Resultados e discussões

Na Tabela 1 tem-se a temperatura média: histórica, desvio padrão, coeficiente de variância (coef. variância), máxima e mínima absoluta para Cabaceiras. A temperatura média anual é de 24 °C e sua variabilidade anual oscilam entre 22,1 °C no mês de julho a 25,3 °C em janeiro. Os desvios padrões em relação a média e os coeficientes de variâncias não apresentam valores significantes, as temperaturas médias máximas absolutas ocorrem nos meses de dezembro e janeiro coincidindo com o período seco. O valor médio mínimo absoluto ocorre no mês de julho com 21,5 °C.

Tabela 1. Temperatura média: histórica, desvio padrão, coeficiente de variância (coef. variância), máxima e mínima absoluta para Cabaceiras.

Parâmetros/meses	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
média histórica	25,3	25,1	24,8	24,5	23,7	22,6	22,1	22,4	23,3	24,3	25,0	25,3	24,0

desvio padrão	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
coef. variância	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
máximo absoluto	26,4	26,2	25,7	25,3	24,4	23,2	22,7	23,0	24,0	25,2	25,9	26,4	24,6
mínimo absoluto	24,5	24,4	24,3	23,9	23,0	22,0	21,5	21,8	22,6	23,5	24,2	24,4	23,4

A Figura 1 tem-se a representatividade da temperatura: média da máxima absoluta; média da média e média da mínima absoluta para o município de Cabaceiras. Observa-se que as flutuações da média da máxima absoluta são maiores nos meses de setembro a abril e sofrem reduções entre os meses de maio a agosto com suas amplitudes seguindo as curvas das médias e mínimas. A temperatura mínima das máximas flui entre 21,5 a 24,5 °C demonstrando que as madrugadas ainda permanecem entre a normalidade de temperatura.

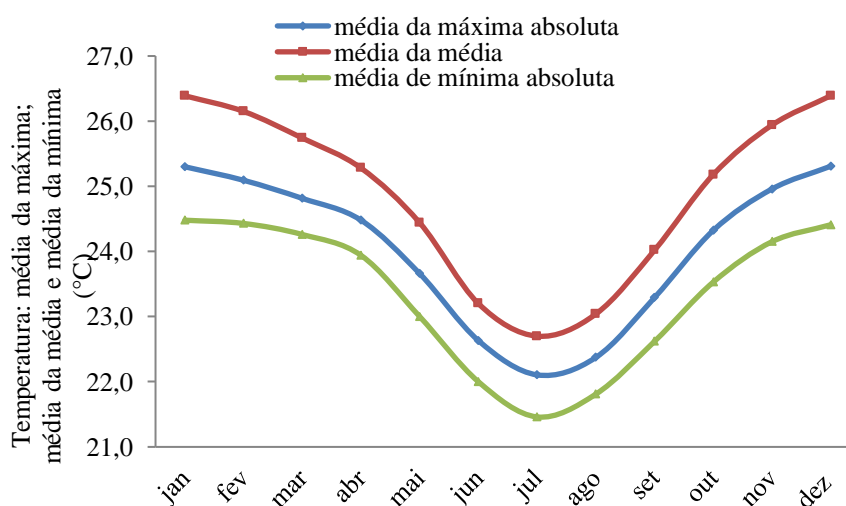


Figura 1. Representatividade da temperatura: média da máxima absoluta; média da média e média da mínima absoluta para o município de Cabaceiras.

Tabela 2 tem o demonstrativo da temperatura máxima: histórica, desvio padrão, coeficiente de variância, máxima e mínima absoluta para Cabaceiras.

O desvio padrão em relação à média e o coeficiente de variância não apresentam valores significativos. Os valores máximos absolutos fluem entre 28,4 °C em julho a 33,7 °C no mês de dezembro e as temperaturas mínimas absolutas oscilam entre 27,1 a 31,7 °C. A temperatura média máxima histórica é de 30,5 °C e sua oscilação mensal fluem entre 27,8 °C em julho a 32,6 °C em dezembro.

Tabela 2. Temperatura máxima: histórica, desvio padrão (DP), coeficiente de variância (CV), máxima e mínima absoluta para Cabaceiras.

Parâmetros/meses	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
Média histórica	32,1	31,7	31,2	30,4	29,2	28,1	27,8	28,8	30,2	31,7	32,5	32,6	30,5
Desvio padrão	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
Cef. variância	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo absoluto	33,2	32,7	32,1	31,2	30,0	28,7	28,4	29,5	30,9	32,6	33,5	33,7	31,1
Mínimo absoluto	31,3	31,0	30,6	29,9	28,5	27,5	27,1	28,2	29,5	30,9	31,7	31,7	29,9

A Figura 2 tem-se a flutuabilidade da temperatura: máxima da máxima absoluta; média da máxima e mínima da máxima absoluta para o município de Cabaceiras. Observa-se que as

oscilações da temperatura máxima da máxima são elevadas nos meses de outubro a janeiro e sofrem reduções entre os meses de fevereiro a agosto com suas amplitudes seguindo as curvas das médias e mínimas. A temperatura mínima das máximas se destaca com anomalia nos meses de novembro e dezembro demonstrando que as madrugadas permanecem entre a normalidade de temperatura.

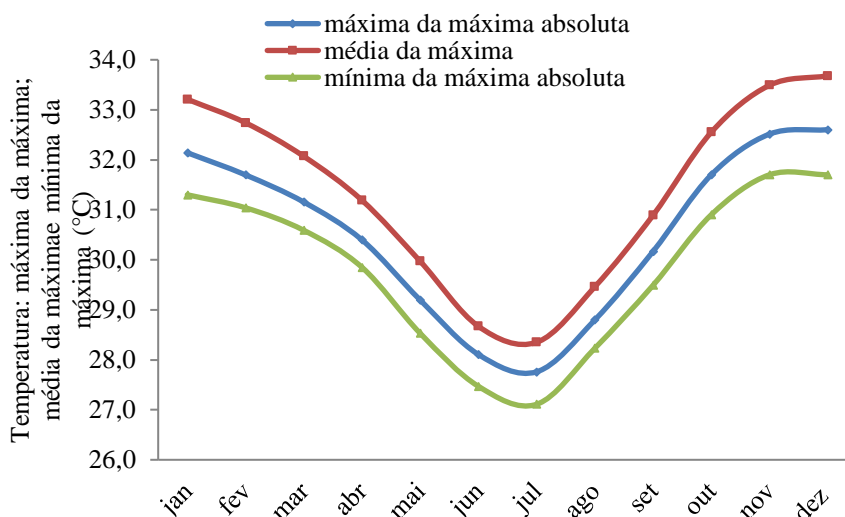


Figura 2. Representatividade da temperatura: máxima da máxima absoluta; média da máxima e mínima da máxima absoluta para o município de Cabaceiras.

Tabela 3 tem-se a representatividade da temperatura mínima: histórica, desvio padrão, coeficiente de variância, máxima e mínima absoluta para Cabaceiras.

A temperatura média é de 19,7 °C e sua oscilação mensal fluem entre 17,9 °C no mês de agosto a 20,8 °C nos meses de fevereiro e março. As temperaturas máximas absoluta oscilam entre 18,5 a 21,8 °C e as mínimas absolutas fluem entre 17,3 a 20,2 °C, O desvio padrão e o coeficiente de variância não são significativos.

Tabela 3. Temperatura mínima: histórica, desvio padrão, coeficiente de variância (coef. variância), máxima e mínima absoluta para Cabaceiras.

Parâmetros/meses	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
Média histórica	20,7	20,8	20,8	20,5	19,8	18,8	17,9	17,8	18,8	19,6	20,1	20,6	19,7
Desvio padrão	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3
Coef. variância	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo absoluto	21,8	21,8	21,7	21,3	20,6	19,4	18,5	18,5	19,6	20,4	21,1	21,7	20,2
Mínimo absoluto	19,9	20,1	20,2	19,9	19,2	18,2	17,3	17,3	18,2	18,8	19,3	19,7	19,1

A Figura 3 tem-se as oscilações das temperaturas: mínima da máxima absoluta; média da mínima e mínima da mínima absoluta para a área de estudo. Observa-se que as oscilações da temperatura mínima da máxima são elevadas nos meses de setembro a fevereiro e sofrem reduções entre os meses de março a agosto com suas amplitudes seguindo as curvas das médias e mínimas. A temperatura mínima das mínimas se destaca com anomalia nos meses de janeiro e fevereiro demonstrando que as madrugadas permanecem entre a normalidade de temperatura.

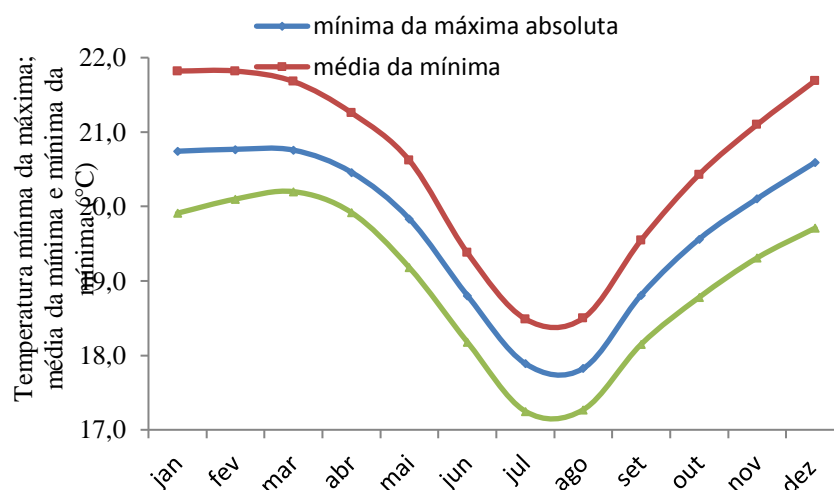


Figura 3. Representatividade da temperatura: mínima da máxima absoluta; média da mínima e mínima da mínima absoluta para o município de Cabaceiras.

Tabela 4 demonstrativo da temperatura média decadal para Cabaceiras. Observando-se a tabela abaixo nota-se que as variabilidades das temperaturas médias decadal ocorrem entre os meses de junho a dezembro para as décadas de 50, 70, 90 e 2000 e nas décadas de 60 e 80 suas oscilações são irregulares em todos os meses, esta irregularidade estão interligadas as oscilações e/ou atuações dos fenômenos de meso e grande escala atuante na região.

Tabela 4. Temperatura média decadal do município de Cabaceiras.

Décadas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
1950-1959	25,1	24,9	24,6	24,3	23,4	22,4	21,8	22,1	23,0	24,0	24,7	25,0	23,8
1960-1969	25,2	25,0	24,7	24,4	23,5	22,5	22,0	22,3	23,2	24,2	24,8	25,2	23,9
1970-1979	25,1	24,9	24,6	24,3	23,4	22,4	21,9	22,2	23,1	24,1	24,8	25,1	23,8
1980-1989	25,4	25,2	24,9	24,5	23,7	22,7	22,2	22,4	23,4	24,4	25,1	25,4	24,1
1990-1999	25,5	25,3	25,0	24,7	23,9	22,9	22,3	22,6	23,5	24,5	25,2	25,5	24,2
2000-2009	25,5	25,3	25,0	24,7	23,9	22,9	22,4	22,7	23,6	24,7	25,3	25,6	24,3

Na Figura 4 tem-se a variabilidade da temperatura média decadal do município de Cabaceiras. Observa-se que nas décadas de 50, 60 e 70 as oscilações das temperaturas médias foram próximas com exceção o mês de dezembro que ocorrem reduções. Nas décadas de 80, 90 e 2000 as flutuações ocorrem com irregularidades nos meses de agosto a dezembro. Destaca-se que a década de 2000 no referidos meses suas variações são elevada comparando-se as décadas de 80 e 90 entre os meses de setembro a dezembro. A década de 80 tem sua curva diferenciada das demais décadas, isto se deve as oscilações locais e as de mês e larga escala que atuaram no período.

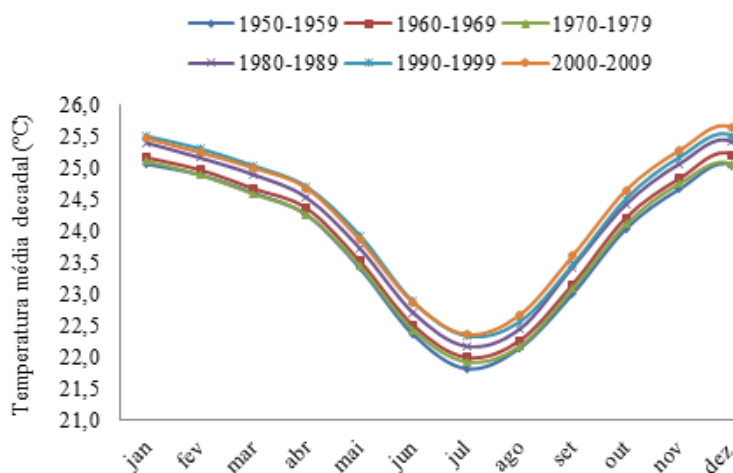


Figura 4. Variabilidade da temperatura média decadal do município de Cabaceiras.

Tabela 5 Representatividade da temperatura máxima média decadal para Cabaceiras. As variabilidades ocorridas entre os valores decadais foram decorrentes dos sistemas sinóticos de meso e grande escala e as contribuições locais. Em destaque a década de 50 que apresenta-se como anomalia em relação as demais décadas estudadas.

Tabela 5. Temperatura máxima média decadal do município de Cabaceiras.

Décadas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
1950-1959	31,9	31,5	30,9	30,2	28,9	27,8	27,5	28,6	29,9	31,4	32,2	32,3	30,3
1960-1969	32,0	31,6	31,0	30,3	29,1	28,0	27,6	28,7	30,0	31,6	32,4	32,5	30,4
1970-1979	32,1	31,6	31,0	30,2	29,0	27,9	27,6	28,6	30,0	31,5	32,3	32,3	30,3
1980-1989	32,2	31,8	31,2	30,4	29,3	28,2	27,8	28,9	30,3	31,8	32,6	32,7	30,6
1990-1999	32,3	31,9	31,4	30,6	29,5	28,4	28,0	29,0	30,4	31,9	32,8	32,8	30,7
2000-2009	32,3	31,8	31,3	30,6	29,4	28,3	28,0	29,1	30,5	32,0	32,8	32,9	30,8

Por analogia a Figura 4, a figura 5 tem-se basicamente as mesmas oscilações dos parâmetros analisados para as décadas.

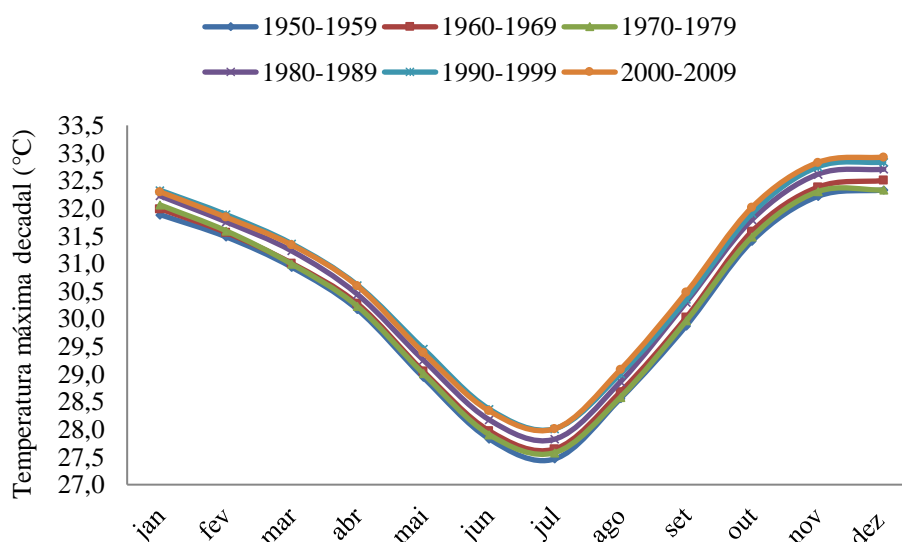


Figura 5. Variabilidade da temperatura média máxima decadal do município de Cabaceiras.

Na Tabela 6 tem-se a variabilidade da temperatura média mínima decadal do município de Cabaceiras. Observa-se que nas décadas de 50 e 70 ocorreram pequenas oscilações de temperatura entre os meses em estudo, a década de 60 manteve-se em média quando comparada as demais décadas em estudo. As décadas de 80, 90 e 2000 em relação as demais décadas foram as que apresentaram as maiores variabilidade demonstrando que a mínimas sofreram aumentos significantes.

Tabela 6. Temperatura média mínima decadal do município de Cabaceiras.

Décadas	jan	fev	mar	abr	mai	Jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
1950-1959	20,5	20,6	20,5	20,2	19,6	18,5	17,6	17,6	18,5	19,3	19,8	20,3	19,4
1960-1969	20,7	20,7	20,6	20,3	19,7	18,7	17,8	17,7	18,6	19,4	19,9	20,4	19,5
1970-1979	20,5	20,6	20,5	20,2	19,6	18,6	17,7	17,6	18,6	19,4	19,9	20,4	19,5
1980-1989	20,8	20,8	20,8	20,5	19,9	18,9	18,0	17,9	19,0	19,7	20,2	20,7	19,8
1990-1999	20,9	21,0	21,0	20,7	20,1	19,1	18,1	18,0	19,0	19,8	20,3	20,8	19,9
2000-2009	20,9	20,9	20,9	20,7	20,0	19,0	18,2	18,1	19,1	19,9	20,4	20,9	19,9

Na Figura 6 tem-se a variabilidade espaço temporal da temperatura média mínima nas décadas de 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 e 2000 no município de Cabaceiras. Observa-se que na década de 50 as oscilações entre os meses de janeiro a julho foram idênticas a década de 2000 e nos meses de agosto a dezembro fluíram abaixo do ano 2000. Nas décadas de 60 e 70 entre os meses de junho a dezembro não ocorreu flutuações e entre os meses de janeiro a abril a década de 70 apresentou temperatura mínima inferiores a década de 1960. As décadas de 1990 e 2000 entre os meses de setembro a dezembro apresentou-se com temperaturas mínimas elevadas em relação as demais décadas. Em destaque a década de 1970 praticamente manteve-se neutra em relação às demais décadas em estudo.

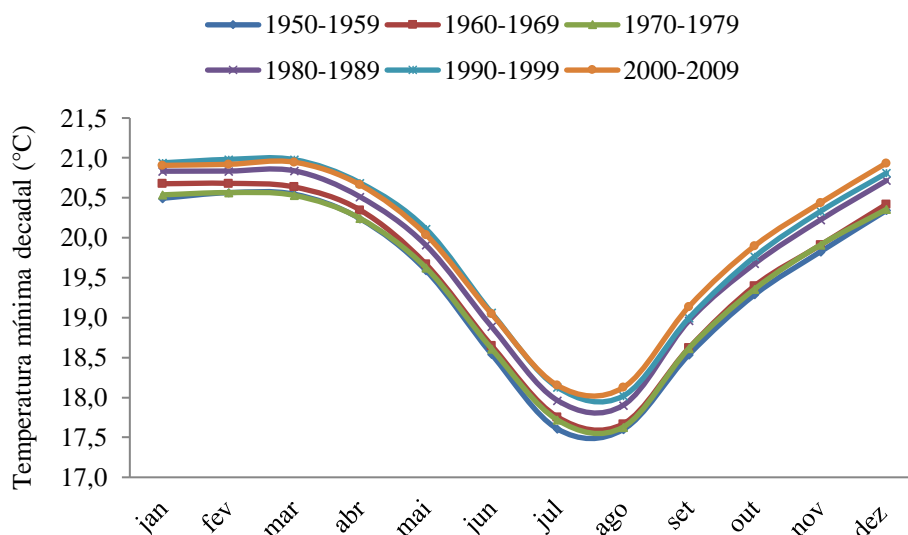


Figura 6. Variabilidade da temperatura média mínima decadal do município de Cabaceiras.

Conclusões

A elevação municipal (392 m) em relação ao nível médio do mar é a variável fisiográficas que explicam melhor a variação da temperatura do ar na área de estudo.

As flutuações das temperaturas: máximas, médias e mínimas decorrem dos sistemas sinóticos atuantes na época do período chuvoso e do período seco tal como dos impactos no meio ambiente.

As variabilidades decenais estão interligadas as flutuações dos sistemas de meso e grande escala atuantes no período estudado.

As décadas de 1990 e 2000 apresentaram variabilidade da temperatura mínima absoluta com significâncias as demais décadas.

COMPARATIVO DOS ÍNDICES EVAPORATIVOS DAS DÉCADAS DE 1980, 1990 E 2000 COM A MÉDIA HISTÓRICA E AS VARIABILIDADES DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO MENSAL E ANUAL PELO MÉTODO DE THORNTHWAITE

Raimundo Mainar de Medeiros

Introdução

A agricultura é uma atividade econômica que por estar sujeita à variabilidade do clima, do mercado e da política agrária, torna-se instável e de alto risco, devendo ser bem planejada para garantir o seu sucesso. Entre todas as atividades econômicas, é a que mais depende das condições climáticas, sendo esta variável responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção (Ortolani e Camargo, 1987).

A agricultura é uma das atividades econômicas que apresenta uma dependência do tempo e do clima. As condições atmosféricas afetam todas as etapas das atividades agrícolas, desde o preparo do solo para o plantio até o armazenamento dos produtos e seu transporte. As condições meteorológicas adversas levam constantemente a graves impactos sociais sem precedentes segundo Souza et al., (2004).

A evapotranspiração potencial (ETP) é o fenômeno associado à perda simultânea de água do solo pela evaporação e da planta pela transpiração. A estimativa da ETP mostra a máxima perda de água possível ocorrer em uma comunidade vegetada. Ela significa a demanda máxima de água pela cultura e vem a tornar-se o referencial de máxima reposição de água à cultura, seja pela irrigação ou pela precipitação pluviométrica de acordo com Barros et al., (2012).

O termo evapotranspiração (ETP) foi definido por Thornthwaite (1948) como a perda de água de uma extensa superfície vegetada, de porte rasteiro, em fase de desenvolvimento ativo e sem limitação hídrica. Segundo Pereira et al., (1997), a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. A disponibilidade de energia depende do local e da época do ano.

Apesar de sua extensão territorial, a área em estudo conta com um número limitado de estações que medem ou registram dados de temperatura do ar. Para suprir essa limitação, tem-se utilizado a estimativa desses elementos climáticos, com base nas coordenadas geográficas, conforme Medeiros (2013). Como em todo o Nordeste brasileiro, no território paraibano, as variações de temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais que daquelas decorrentes de variações latitudinais (Sales e Ramos, 2000).

O termo ETo foi definido por Thornthwaite (1948) como a perda de água de uma extensa superfície vegetada, de porte rasteiro, em fase de desenvolvimento ativo e sem limitação hídrica. Segundo Pereira et al., (1997), a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. A disponibilidade de energia depende do local e da época do ano.

A evapotranspiração potencial é um elemento macro meteorológico, fundamental, como é a precipitação pluvial. Representa a chuva teoricamente necessária para não faltar nem sobrar água no solo. Com o balanço contábil entre esses dois elementos opostos pode-se caracterizar bem o fator umidade do clima e estimar a umidade disponível no solo, através do balanço hídrico climático de conformidade com Camargo et al., (1999).

Os índices de evaporação potencial são estimulados por quatro variáveis meteorológicas (radiação, pressão de vapor, velocidade do vento e temperatura do ar) a evaporação é uma variável conceitual que não pode ser medido diretamente (Thornthwaite, 1948, 1953). Muitos

métodos diferentes de estimar evaporação potencial a partir de uma ou mais variáveis foram desenvolvidos de acordo com as condições climáticas locais e disponibilidade de dados adequados de conformidade com os autores Shuttleworth, (1993); Singh e Xu, (1997); Xu e Singh, (2000); Xu e Singh, (2001). Thornthwaite (1948, 1953), usa uma única variável a temperatura do ar que está relacionada com o potencial dos índices evaporativos através de relações empíricas. Sendo necessitadas para ser recalibrado e para manter a precisão quando aplicada fora dos contextos originais espaciais e temporais (Xu e Singh, 2001).

Diante da necessidade de se obter informações a respeito das variáveis evapotranspiração potenciais e evaporação real, este trabalho objetiva estimar e elaborar tabelas e gráficos das oscilações da evapotranspiração potencial e evaporação real seguidamente de suas flutuações espaço temporal mensal, visando à delimitação de regime que caracterize o trimestre com mais e menos poder evaporativo, resultando nas variabilidades das mudanças nos regimes evaporativos temporal, espacial e dando suporte aos tomadores de decisões do setor agrícola para o município de Cabaceiras.

Materiais e métodos

A estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) utilizada na metodologia requer apenas dados de temperatura média mensal do ar e da insolação máxima expresso em mm/mês. Define-se a evapotranspiração potencial da seguinte forma, de acordo com Thornthwaite (1948; 1953).

$$(ETP)_j = F_j \cdot E_j$$

Onde:

E_j representa a evapotranspiração potencial (mm/dia) não ajustada resumida da seguinte forma:

$$E_j = 0,553 \left(\frac{10 \cdot T_j}{I} \right)^a$$

Em que:

Representa a temperatura média mensal do ar do mês (°C);

I é o índice anual de calor definido através de:

$$I = \sum_{j=1}^{12} i_j$$

Sendo, o índice térmico de calor no mês dado por:

$$i_j = \left(\frac{T_j}{5} \right)^{1,514}$$

Por fim, o expoente “a” da equação descrita acima é uma função cúbica desse índice anual de calor, expresso da seguinte forma:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49$$

O fator de correção da equação é definido em função do número de dias do mês D_j (em janeiro, $D_j=31$; em fevereiro $D_j=28$; etc.) e da insolação máxima do dia 15 do mês J (N_j), considerado representativo da média desse mês, definido por:

$$F_j = \frac{D_j \cdot N_j}{12}$$

Para o cálculo da insolação máxima do dia 15, utilizou-se a seguinte expressão:

$$N_j = \left(\frac{2}{15}\right) [\text{arc. cos}(-\text{tag}\phi \cdot \text{tag}\delta)]$$

Onde:

ϕ Latitude do local;

δ Declinação do Sol em graus, para o dia considerado; definido por:

$$\delta = 23,45^\circ \text{sen}[360(284 + d)/365]$$

Em que,

“d” é o número de ordem, no ano do dia considerado (dia Juliano).

A estimativa da evapotranspiração potencial por meio da equação (1) só é válida para valor de temperatura média do ar do mês inferior a 26,5 °C. Quando a temperatura média desse mês for igual ou superior a 26,5°C, Thornthwaite e Mather (1948; 1953) assumiu que E_j independe do índice anual de calor e utiliza-se para sua estimativa uma tabela apropriada.

Com o intuito de homogeneizar as classes da evapotranspiração potencial e evaporação real, quando ocorressem duas ou mais classes da evapotranspiração potencial e evaporação real, estabeleceram-se duas situações:

- Mudança de classe inferior para classe superior – quando a porcentagem de ocorrência de uma classe inferior à de outra classe fosse = a 20%, a área de ocorrência da classe inferior seria incorporada à da classe imediatamente superior;
- Mudança de classe superior para classe inferior – quando a porcentagem de ocorrência de uma classe superior à de outra classe fosse = a 20%, a área de ocorrência da classe superior seria incorporada à da classe imediatamente inferior. Este procedimento possibilitou a obtenção de gráficos de evapotranspiração potencial e evaporação reais uniformes e homogêneos.

Os dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais foram adquiridos do banco de dados coletado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), para as três décadas estudadas.

Resultados e discussões

O trimestre de maior evapotranspiração potencial centra-se nos meses de novembro, dezembro e janeiro (Tabela 1) que coincidem com o final do período chuvoso e a alta incidência da radiação solar, a variabilidade da intensidade do vento e da baixa cobertura de nuvens contribui para a ocorrência de maiores índices evaporativos. O trimestre de menores índices evapotranspirados ocorre nos meses de junho, julho e agosto que coincidem com o período chuvoso.

Tabela 1. Evapotranspiração potencial média histórica e das décadas de 1980, 1990 e 2000 para o município de Cabaceiras.

anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Média	125,6	113,2	119,8	109,3	100,4	84,0	80,6	84,2	93,7	112,3	119,4	130,0	1272,6
1981-1990	124,3	112,2	118,7	108,0	99,2	83,0	79,8	83,6	93,4	111,5	118,4	129,1	1261,4
1991-2000	125,6	113,4	119,9	109,6	101,1	84,3	80,9	84,1	93,2	111,8	119,2	129,6	1272,7
2001-2010	126,7	114,0	120,9	110,3	100,9	84,6	81,2	85,1	94,6	113,5	120,6	131,5	1283,9

Na Figura 1 tem o comparativo gráfico da média histórico em relação às décadas de 1980, 1990 e 2000 para o município de Cabaceiras. Observa-se que de outubro a março ocorrem taxas

de evapotranspiração potenciais máximas e nos meses de abril a setembro os índices evapotranspirados sofrem reduções. Destaca-se o mês de fevereiro como caso anômalo e evapotranspiração potencial.

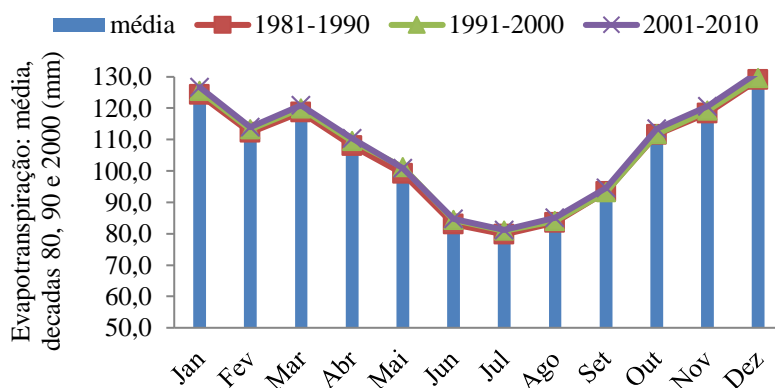


Figura1. Comparativos da evapotranspiração potencial das décadas de 1980, 1990 e 2000 com a média histórica.

Por analogia a Tabela 1 os mesmos registros, causa e consequências ocorrem para a evaporação real com visto na Tabela 2.

Tabela 2. Evaporação real média histórica e das décadas de 1980, 1990 e 2000 para o município de Cabaceiras.

Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Média	87,9	79,2	83,9	76,5	70,3	58,8	56,4	59,0	65,6	78,6	83,6	91,0	890,9
1981-1990	87,0	78,4	83,0	75,5	69,3	58,1	55,8	58,5	65,4	78,0	82,8	90,2	882,1
1991-2000	87,9	79,7	84,2	76,9	70,9	59,1	56,7	58,9	65,3	78,4	83,6	91,0	892,9
2001-2010	88,7	79,0	83,8	76,6	70,2	58,9	56,8	59,6	66,4	79,7	84,7	92,3	895,8

A Figura 2 tem-se o comparativo da evaporação real das décadas de 1980, 1990 e 2000 com a média histórica. Os menores índices de evaporação ocorrem nos meses de junho a agosto e os de máximas evaporações reais ocorrem nos meses de outubro a janeiro.

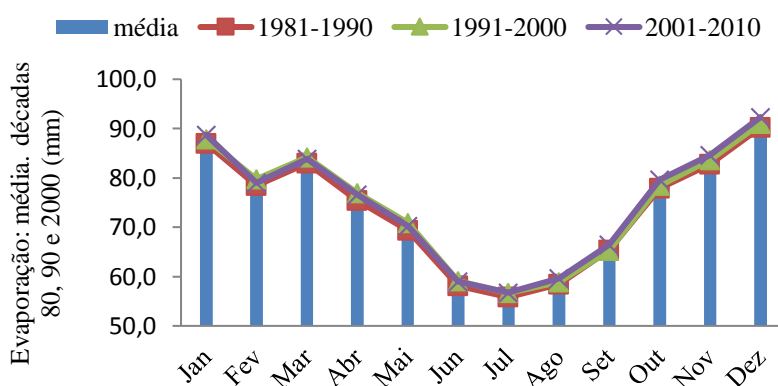


Figura 2. Comparativos da evaporação real das décadas de 1980, 1990 e 2000 com a média histórica.

Na Figura 3, observa-se a distribuição histórica da evapotranspiração mensal e o seu percentual mensal para o município de Cabaceiras. Destacam-se os meses de novembro a janeiro com os maiores percentuais evaporativos com oscilação entre 117,3 a 123,1 mm já os meses de

junho a agosto ocorrem uma flutuação de 79,2 a 83,1 mm. Os referidos meses representam 65% e 35%.

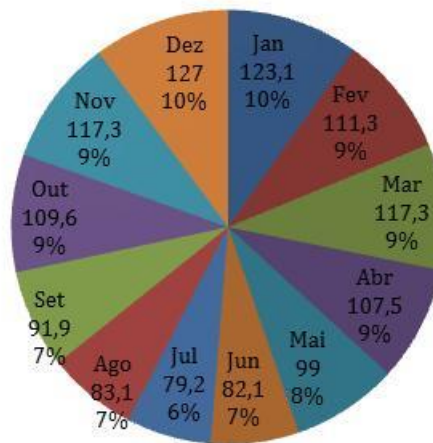


Figura 3. Distribuição da evapotranspiração mensal e seus percentuais para o município de Cabaceiras.

Conclusões

As estimativas dos índices evaporativos mensais para o município de Cabaceiras apresentam dependência da localização geográfica (latitude e longitude), sobretudo, da altitude.

Os valores médios da evapotranspiração potencial mensais oscilam entre 80,6 mm no mês de julho a 126,4 mm em dezembro e os valores anuais das décadas oscilam entre 1.261,4 a 1283,9 mm.

Os valores médios da evaporação mensais variaram de 56,4 mm no mês de julho a 91 mm no mês de dezembro, ao passo que os valores decens têm sua variabilidade fluindo entre 882,1 a 895,8 mm.

O trimestre de menores índices evaporativos ocorre nos meses de junho, julho e agosto. E o trimestre de maiores índices evaporativos ocorre nos meses de novembro, dezembro e janeiro.

Os elementos meteorológicos como a radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e pressão de saturação do vapor durante o período de novembro, dezembro e janeiro fazem com que os índices evaporativos atinjam valores extremos diários.

OSCILAÇÕES MENSAIS, ANUAIS E DECADAL DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS E MÍNIMAS DO AR E AS VARIABILIDADE MENSAL E ANUAL DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR

Raimundo Mainar de Medeiros
Danilo Ericksen Costa Cabral
Valneli da Silva Melo

Introdução

Embora existam longas séries de dados de temperatura do ar para algumas localidades de uma dada região, pode não haver registro algum exatamente daquela localidade em que se está interessado. Outro fator diz respeito ao número de estações meteorológicas que é pequeno, tornando baixa a densidade das informações disponíveis sobre a temperatura, dificultando a caracterização do campo térmico. Estas situações são muito frequentes na prática e estimulam as concepções de técnicas que busquem estimar a temperatura em locais onde não há dados (Varejão-Silva, 2006).

A temperatura é um dos importantes elementos meteorológicos, pois traduz os estados energéticos e dinâmicos da atmosfera e conseqüentemente revela a circulação atmosférica, sendo capaz de facilitar e/ou bloquear os fenômenos atmosféricos conforme Dantas et al. (2000).

A temperatura do ar desempenha influência sobre diversos processos vitais nas plantas, como a fotossíntese, respiração e transpiração, evidenciando no crescimento vegetal e, nos estádios de incremento das culturas (Lucchesi, 1987). Os valores das temperaturas do ar mínimas estão associados à disponibilidade de energia solar, nebulosidade, umidade do ar e do solo, vento (direção e intensidade) e a parâmetros geográficos como orografia, altitude e latitude local e da cobertura e tipo de solo (Ometto, 1981; Pereira et al., 2002).

A temperatura do ar se destaca entre as variáveis atmosféricas mais utilizadas no desenvolvimento de estudos de impactos ambientais com mudanças nos processos meteorológicos e hidrológicos de acordo com Nogueira et al., (2012) e Correia et al., (2011).

De acordo com Sediya et al. (1998), na grande parte do território nacional a escassez de dados meteorológicos é um dos fatores que mais limitam a realização de estudos suficientemente detalhados sobre os tipos climáticos de diversas regiões, principalmente quando as mesmas apresentam ampla extensão territorial. Em todo o Nordeste brasileiro e no território paraibano, as variações de temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais do que daquelas decorrentes de variações latitudinais (Sales e Ramos, 2000).

De acordo com Pereira et al. (2013) a modelagem das estimativas das temperaturas máximas, mínimas e médias pode ser utilizadas técnicas de regressão linear múltipla e Krigagem ordinária. O ajuste das equações de regressão para as estimativas de temperaturas máximas, mínimas e médias é uma alternativa viável para ampliar a base de dados climáticos, através de mapas temáticos de temperatura, fornecendo subsídios para um planejamento agropecuário (Medeiros et al., 2005).

Objetiva-se analisar a variabilidade espaço-temporal da temperatura média do ar e as flutuações decadal das temperaturas máxima e mínimas do ar para o município de Cabaceiras.

Materiais e métodos

Valores da temperatura média do ar foram estimados pelo Software Estima_T (Cavalcanti e Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006).

O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática para as temperaturas médias mensal, em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude em conformidade com os autores Cavalcanti e Silva (2006), dada pela Equação 1.

$$T=C0 + C1 \lambda + C2\varnothing + C3h + C4 \lambda^2 + C5 \varnothing^2 + C6h^2 + C7 \lambda \varnothing + C8 \lambda h + C9\varnothing h$$

Onde:

C0, C1,...., C9 são as constantes;

$\lambda, \lambda^2, \lambda \varnothing, \lambda h$ longitude;

$\varnothing, \varnothing^2, \lambda \varnothing$ latitude;

$h, h^2, \lambda h, \varnothing h$ altitude.

Também se pode estimar a série temporal de temperatura, adicionando a esta anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical de acordo com Cavalcanti e Silva (2006).

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij}$$

Onde:

$i = 1,2,3,....,12;$

$j = 1950, 1951, 1952, 1953,....,2014.$

Elaborou-se planilha eletrônica com os dados preenchido os faltantes com os dados obtidos com o Estima_T, e após calculado as médias mensais, anuais calculou-se os valores média histórica, desvio padrão, coeficiente de variância (coef. variância), máxima e mínima absoluta para a área de estudo.

Resultados e discussões

Tabela 1 tem o demonstrativo da temperatura máxima: histórica, desvio padrão, coeficiente de variância, máxima e mínima absoluta para Cabaceiras.

O desvio padrão em relação à média e o coeficiente de variância não apresentam valores significativos. Os valores máximos absolutos fluem entre 28,4°C em julho a 33,7°C no mês de dezembro e as temperaturas mínimas absolutas oscilam entre 27,1°C a 31,7°C. A temperatura média máxima histórica é de 30,5°C e sua oscilação mensal fluem entre 27,8°C em julho a 32,6°C em dezembro.

Tabela 1. Temperatura máxima: histórica, desvio padrão, coeficiente de variância (coef. variância), máxima e mínima absoluta para Cabaceiras.

Parâmetros/meses	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
média histórica	32,1	31,7	31,2	30,4	29,2	28,1	27,8	28,8	30,2	31,7	32,5	32,6	30,5
desvio padrão	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
coef.variância	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
máximo absoluto	33,2	32,7	32,1	31,2	30,0	28,7	28,4	29,5	30,9	32,6	33,5	33,7	31,1
mínimo absoluto	31,3	31,0	30,6	29,9	28,5	27,5	27,1	28,2	29,5	30,9	31,7	31,7	29,9

A Figura 1 tem-se a flutuabilidade da temperatura: máxima da máxima absoluta; média da máxima e mínima da máxima absoluta para o município de Cabaceiras. Observa-se que as oscilações da temperatura máxima da máxima são elevadas nos meses de outubro a janeiro e sofrem reduções entre os meses de fevereiro a agosto com suas amplitudes seguindo as curvas das médias e mínimas. A temperatura mínima das máximas se destaca com anomalia nos meses de novembro e dezembro demonstrando que as madrugadas permanecem entre a normalidade de temperatura.

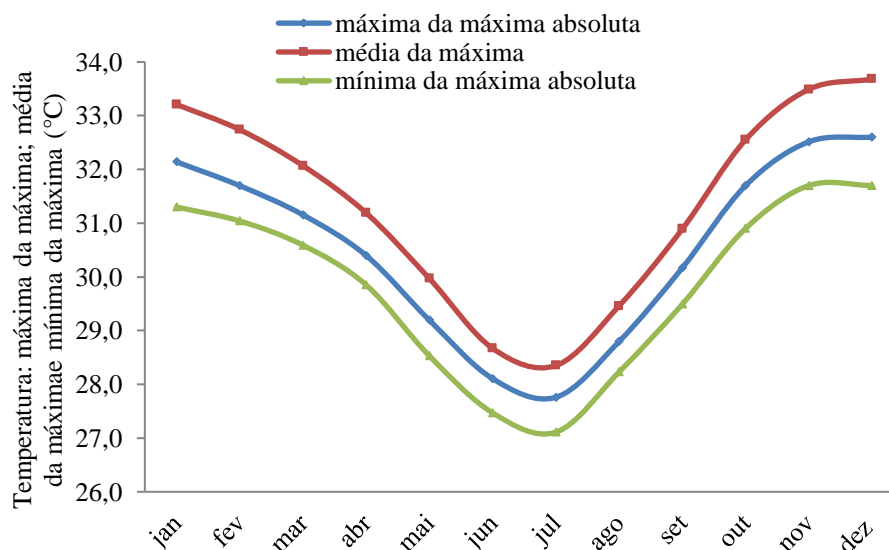


Figura 1. Representatividade da temperatura: máxima da máxima absoluta; média da máxima e mínima da máxima absoluta para o município de Cabaceiras.

Tabela 2 Representatividade da temperatura máxima decadal para Cabaceiras. As variabilidades ocorridas entre os valores decadais foram decorrentes dos sistemas sinóticos de meso e larga escala e as contribuições locais. Em destaque a década de 50 que se apresenta como anomalia em relação as demais décadas estudadas.

Tabela 2. Temperatura máxima decadal do município de Cabaceiras.

Décadas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
1950-1959	31,9	31,5	30,9	30,2	28,9	27,8	27,5	28,6	29,9	31,4	32,2	32,3	30,3
1960-1969	32,0	31,6	31,0	30,3	29,1	28,0	27,6	28,7	30,0	31,6	32,4	32,5	30,4
1970-1979	32,1	31,6	31,0	30,2	29,0	27,9	27,6	28,6	30,0	31,5	32,3	32,3	30,3
1980-1989	32,2	31,8	31,2	30,4	29,3	28,2	27,8	28,9	30,3	31,8	32,6	32,7	30,6
1990-1999	32,3	31,9	31,4	30,6	29,5	28,4	28,0	29,0	30,4	31,9	32,8	32,8	30,7
2000-2009	32,3	31,8	31,3	30,6	29,4	28,3	28,0	29,1	30,5	32,0	32,8	32,9	30,8

Na Figura 2 tem-se a variabilidade da temperatura máxima decadal do município de Cabaceiras. Observa-se que nas décadas de 50, 60 e 70 as oscilações das temperaturas máximas foram próximas com exceção o mês de dezembro que ocorrem reduções. Nas décadas de 80, 90 e 2000 as flutuações ocorrem com irregularidades nos meses de agosto a dezembro. Destaca-se que a década de 2000 nos referidos meses suas variações são elevada comparando-se as décadas de 80 e 90 entre os meses de setembro a dezembro. A década de 80 tem sua curva diferenciada das demais décadas, isto se deve as oscilações locais e as de mês e larga escala que atuaram no período.

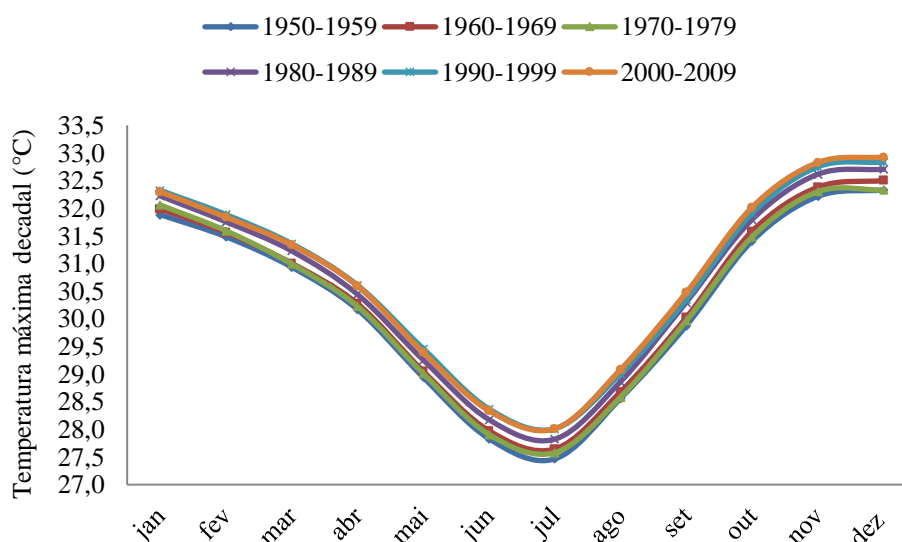


Figura 2. Variabilidade da temperatura máxima decadal do município de Cabaceiras.

Na Tabela 3 Temperatura média: histórica, desvio padrão, coeficiente de variância (coef. variância), máxima e mínima absoluta para Cabaceiras.

A temperatura média anual é de 24°C e sua variabilidade anual oscila entre 22,1°C no mês de julho a 25,3°C em janeiro. Os desvios padrões em relação a média e os coeficientes de variâncias não apresentam valores significantes, as temperaturas médias máximas absolutas ocorrem nos meses de dezembro e janeiro coincidindo com o período seco. O valor médio mínimo absoluto ocorre no mês de julho com 21,5°C

Tabela 3. Temperatura média: histórica, desvio padrão, coeficiente de variância (coef. variância), máxima e mínima absoluta para Cabaceiras.

Parâmetros/meses	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
média histórica	25,3	25,1	24,8	24,5	23,7	22,6	22,1	22,4	23,3	24,3	25,0	25,3	24,0
desvio padrão	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
coef. variância	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
máximo absoluto	26,4	26,2	25,7	25,3	24,4	23,2	22,7	23,0	24,0	25,2	25,9	26,4	24,6
mínimo absoluto	24,5	24,4	24,3	23,9	23,0	22,0	21,5	21,8	22,6	23,5	24,2	24,4	23,4

A Figura 3 tem-se a representatividade da temperatura: média da máxima absoluta; média da média e média da mínima absoluta para o município de Cabaceiras. Observa-se que as flutuações da média da máxima absoluta são maiores nos meses de setembro a abril e sofrem reduções entre os meses de maio a agosto com suas amplitudes seguindo as curvas das médias e mínimas. A temperatura mínima das máximas flui entre 21,5 a 24,5°C demonstrando que as madrugadas ainda permanecem entre a normalidade de temperatura.

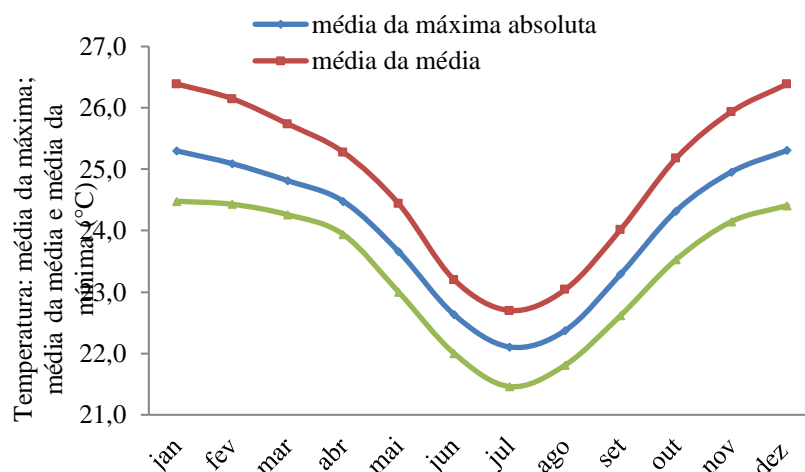


Figura 3. Representatividade da temperatura: média da máxima absoluta; média da média e média da mínima absoluta para o município de Cabaceiras.

Na Tabela 4 tem-se a variabilidade da temperatura média mínima decadal do município de Cabaceiras. Observa-se que nas décadas de 50 e 70 ocorreram pequenas oscilações de temperatura entre os meses em estudo, a década de 60 manteve-se em média quando comparada as demais décadas em estudo. As décadas de 80, 90 e 2000 em relação às demais décadas foram as que apresentaram as maiores variabilidade demonstrando que a mínimas sofreram aumentos significantes.

Tabela 4. Temperatura média mínima decadal do município de Cabaceiras.

Décadas	jan	fev	mar	abr	mai	Jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
1950-1959	20,5	20,6	20,5	20,2	19,6	18,5	17,6	17,6	18,5	19,3	19,8	20,3	19,4
1960-1969	20,7	20,7	20,6	20,3	19,7	18,7	17,8	17,7	18,6	19,4	19,9	20,4	19,5
1970-1979	20,5	20,6	20,5	20,2	19,6	18,6	17,7	17,6	18,6	19,4	19,9	20,4	19,5
1980-1989	20,8	20,8	20,8	20,5	19,9	18,9	18,0	17,9	19,0	19,7	20,2	20,7	19,8
1990-1999	20,9	21,0	21,0	20,7	20,1	19,1	18,1	18,0	19,0	19,8	20,3	20,8	19,9
2000-2009	20,9	20,9	20,9	20,7	20,0	19,0	18,2	18,1	19,1	19,9	20,4	20,9	19,9

Na Figura 4 tem-se a variabilidade espaço temporal da temperatura média mínima nas décadas de 1950, 1960, 1970, 1980, 1990 e 2000 no município de Cabaceiras. Observa-se que na década de 50 as oscilações entre os meses de janeiro a julho foram idênticas a década de 2000 e nos meses de agosto a dezembro fluíram abaixo do ano 2000. Nas décadas de 60 e 70 entre os meses de junho a dezembro não ocorreu flutuações e entre os meses de janeiro a abril a década de 70 apresentou temperatura mínima inferiores a década de 1960. As décadas de 1990 e 2000 entre os meses de setembro a dezembro apresentou-se com temperaturas mínimas elevadas em relação as demais décadas. Em destaque a década de 1970 praticamente manteve-se neutra em relação às demais décadas em estudo.

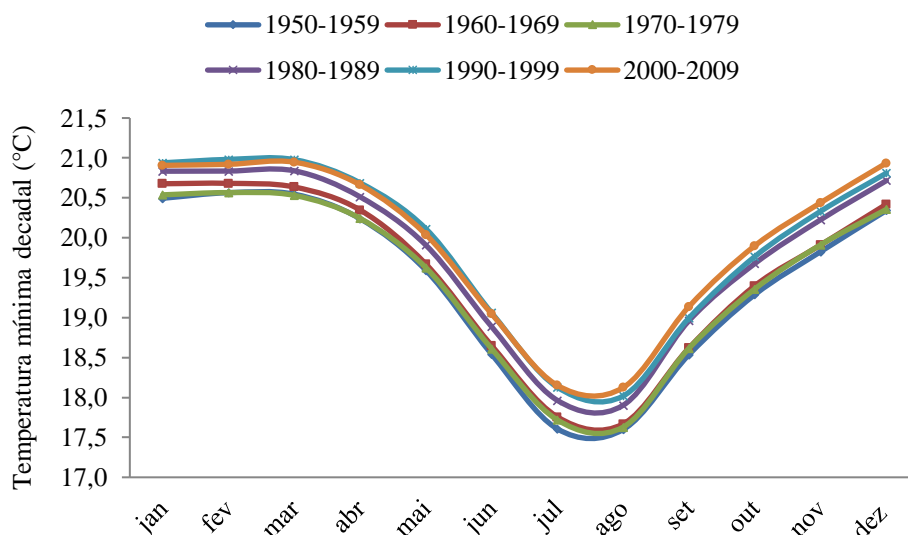


Figura 4. Variabilidade da temperatura média mínima decadal do município de Cabaceiras.

Conclusão

A elevação municipal (392 m) em relação ao nível médio do mar é a variável fisiográficas que explicam melhor a variação da temperatura do ar na área de estudo.

As flutuações das temperaturas: máximas, mínimas e médias decorrem dos sistemas sinóticos atuantes na época do período chuvoso e do período seco tal como dos impactos no meio ambiente.

A temperatura média é a representação da variabilidade e suas oscilações das temperaturas extremas, qualquer variabilidade nestes elementos as temperaturas médias se adequam as suas oscilações.

As variabilidades decenais estão interligadas as flutuações dos sistemas de meso e grande escala atuantes no período estudado.

As décadas de 1990 e 2000 apresentaram variabilidade da temperatura mínima absoluta com significâncias às demais décadas.

VARIAÇÃO MÉDIA MENSAL E ANUAL DA UMIDADE RELATIVA DO AR

Raimundo Mainar de Medeiros

Introdução

O ciclo hidrológico é uma sequência fechada de fenômenos naturais que pode ser dividida em duas partes: o ramo aéreo, normalmente estudado no âmbito da Meteorologia e o ramo terrestre, objeto da Hidrologia. A superfície limítrofe dos fenômenos pertinentes a cada um desses ramos é a interface globo-atmosfera. Considera-se que o ramo aéreo do ciclo hidrológico se inicia quando a água é cedida à atmosfera, no estado de vapor, encerrando-se no momento em que é devolvida à superfície terrestre, no estado líquido ou sólido.

O vapor da água que surge na interface globo-atmosfera mistura-se ao ar por difusão turbulenta, sendo rapidamente transportado pelas correntes aéreas. Posteriormente, encontrando condições favoráveis, volta ao estado sólido ou líquido no interior da própria atmosfera, ou em algum outro ponto da superfície, em geral, muito distante do local em que se originou. Por tudo isso, a concentração de vapor da água no ar é bastante variável, tanto no espaço como no tempo. Essa variação é, em geral, tanto maior quanto mais próxima da superfície-fonte for à camada que se considere. Sob o ponto de vista puramente meteorológico, a variação da concentração de vapor da água no ar não tem implicações profundas, por influir significativamente na energética da atmosfera (PEIXOTO, 1969).

Medeiros et al., (2014) realizou a delimitação da umidade relativa do ar (UR) para a bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto, composta por 25 municípios e 24 fazendas. Apenas terras ribeirinhas e estreitas áreas próximas às aglomerações urbanas eram usadas por pequenos produtores para desenvolver atividades de subsistência. Com o desenvolvimento e a expansão agropecuária e a extração mineral, grande áreas estão sendo desmatada, não levando em consideração a contribuição de elementos meteorológicos entre eles em especial a UR, que podem miminizar à ocorrência de prejuízos de efeitos anômalos que por ventura aconteça. Deste modo, utilizou-se de dados de umidade relativa do ar observados e interpolados das estações que operam na área em estudo, foram obtidos para os 49 locais da bacia as médias mensais, anuais, máximos e mínimos valores. Observando a variabilidade da umidade relativa do ar para na área da bacia ao longo do ano, foi possível delimitar o trimestre mais úmido e seus valores mensais e anuais, assim como os valores máximos e mínimos absolutos observados. Os resultados mostram que o período úmido transformam as áreas com possibilidades de focos de queimadas e incêndios em áreas verdes e benéficas a produção de pastagens e grão. Tais delimitações dos trimestres mais úmidos e as informações das épocas de menores umidades relativas do ar serviram de alerta as autoridades federais, estaduais e municipais além dos tomadores de decisões, para um melhor planejamento.

O conhecimento da quantidade de vapor da água existente no ar é essencial em vários outros ramos da atividade humana. Sabe-se, por exemplo, que a umidade ambiente é dos fatores que condicionam o desenvolvimento de muitos microrganismos patógenos que atacam as plantas cultivadas e a própria transpiração vegetal está intimamente relacionada com o teor de umidade do ar adjacente. Também é conhecida a influência da umidade do ar na longevidade, na fecundidade e na taxa de desenvolvimento de muitas espécies de insetos (Neto et al., 1976). Por outro lado, um dos parâmetros utilizados para definir o grau de conforto ambiental para pessoas e animais é, também, a umidade atmosférica reinante no local em debate. Finalmente, para não tornar a lista de exemplos enfadonha, ressalta-se que a manutenção da faixa ótima de

umidade do ar constitui objeto de constante controle durante a armazenagem de inúmeros produtos. Reconhece-se que este parâmetro é pouco explorado na bibliografia atual, o que demonstra a necessidade de se conhecer melhor suas variações espaciais e temporais para o município de Areia – PB.

Medeiros (2012) analisou a variabilidade mensal da umidade relativa do ar em Teresina, Piauí, no ano de 2009 visando verificar os horários de melhor produtividade para os trabalhos no comércio e na construção civil. Usaram-se dados de umidade relativa da estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), nos horários das 03h00; 09h00; 15h00 e 21h00 hora local. Observou-se umidade relativa do ar superior a 75% em 65% dos horários de janeiro a maio. Este valor apresenta certo grau de desconforto para os trabalhos da construção civil e no comércio.

O período de molhamento foliar pode ser estimado por sensores ou por meio do número de horas com umidade relativa maior ou igual a 90% (Sentelhas et al., 2008; Huber e Gillespie, 1992; Sutton et al., 1984). Sentelhas et al. (2008) ao estudar modelos empíricos utilizados para estimar período de molhamento foliar em 4 regiões da superfície terrestre com diferentes condições climáticas, observaram que o número de horas de umidade relativa maior ou igual a 90% possibilitou obter acurácia satisfatória da duração do período de molhamento foliar quando comparado a dados de sensores testados e calibrados sob condições de laboratório.

O trabalho objetiva uma análise da variação média mensal e anual da umidade relativa do ar, demonstrando sua variabilidade mês a mês e anual para a área de estudo.

Metodologia

Utilizaram-se dados de umidade relativa do ar estimados, os quais foram trabalhados e geraram-se os valores mensais e anuais. Após as etapas acima citadas foram feitos testes de consistência para ver-se a confiabilidade dos dados gerados e das informações que seriam passadas ou utilizadas para diversas finalidades, principalmente no setor agropecuário e da saúde.

Para o município de Cabaceiras a confiabilidade dos dados é de 97,5%, com isto podemos montar os dados mensais e anuais dos referidos municípios e ter-se a delimitação do seu trimestre mais úmido.

Em relação ao período mais úmido de umidade relativa do ar, que é representativo para o período chuvoso que são os meses de março, abril, maio, junho e julho. O período mais seco de umidade relativa do ar envolve os meses de setembro a janeiro. Os valores médios da umidade relativa do ar tem sua flutuação com valores oscilando entre 48 a 80%. Sua média anual é de 63,8%.

Estas flutuações de mínimos valores são provocadas pela inibição ou falha nos transportes de umidade e vapor e conseqüentemente a ausência de chuvas.

Gráficos representativos da umidade relativa do ar e seus percentuais mensais para Cabaceiras.

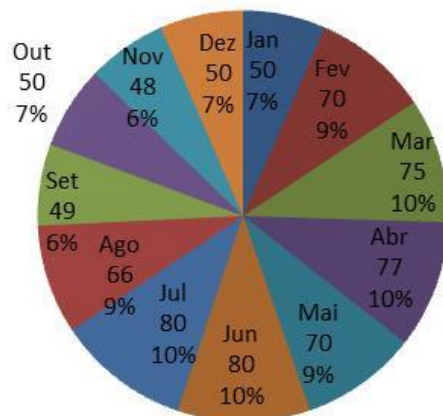


Figura 1. Representação da umidade relativa do ar histórica e seus percentuais mensais para Cabaceiras.

Resultados e discussões

Da análise dos dados de umidade relativa do ar representativos da área em estudo na distribuição média mensal e anual, foi possível estabelecer o período úmido que ocorre nos meses de março a julho. A delimitação do trimestre mais úmido para a área estudada assemelha-se aos regimes observados por Strang (1972) para a precipitação. Tal delimitação caracteriza a ação predominante dos sistemas principais que atuam na geração da estação chuvosa.

CONCLUSÕES

No planejamento urbano visa eventos extremos de enchentes, alagamento, inundações, transbordamentos de lagos e lagoas.

Tais delimitações dos trimestres mais úmidos e as informações das épocas de menores umidades relativas do ar serviram de alerta as autoridades federais, estaduais e municipais além dos tomadores de decisões, para um melhor planejamento.

Os períodos úmidos transformam as áreas com possibilidades de focos de queimadas e incêndios em áreas verdes e benéficas a produção de pastagens e grão.

CONTRIBUIÇÃO METEOROLÓGICA À FESTA TURÍSTICA DO BODE REI

Raimundo Mainar de Medeiros

Introdução

Atualmente o turismo está entre as quatro atividades mais importantes do mundo, de-tendo-se aos mais elevados índices de crescimento em nível global, no Brasil e em especial no estado da Paraíba onde se destaca pelos seus pontos turísticos apresenta um bom potencial de desenvolvimento, entre outros fatores, a competitividade de seu litoral, inclusive para a área turística do Nordeste Brasileiro, apontando um desenvolvimento econômico e social, desenvolvendo valores, capacidade e recursos locais. Além de preservar fontes de emprego e gerar renda adicional, o turismo estimula a preservação da paisagem natural à revitalização de pequenas propriedades, tornando-as mais atrativas para a formação de um produto turístico.

O turismo exige uma abordagem multidisciplinar entre as ciências como a economia, sociologia, antropologia, geografia, hidrologia, geologia, meteorologia, biologia, meio ambiente e áreas afins. O município de Cabaceiras apresenta atualmente um bom potencial para o desenvolvimento do turismo, na preservação de sua herança cultural e resgate de seu patrimônio histórico, onde a cultura local representa um produto desse mercado.

A política do governo de estímulo ao turismo, especialmente no litoral do Nordeste Brasileiro (NEB), mas que também foi levada também ao interior, aliada à ideia de sustentabilidade, proporcionando também, o desenvolvimento do chamado turismo rural. O que vem ganhando força no interior do Nordeste, por conta das paisagens singulares, das festas religiosas e do patrimônio histórico-artístico-cultural existentes na região. O desenvolvimento turístico na cidade Cabaceiras merece destaque por incorporar a ideia de preservação dos patrimônios naturais e culturais locais, destacando-se a criação do bode, a cultura do alho orgânico (recentemente retomada), o artesanato em couro, madeira e palha entre outras. A produção dessas atividades tem a preocupação em reduzir a poluição ambiental, bem como, aproveitar os recursos naturais e a tradição local (NETO, 2007).

A indústria turística no NEB mudou os hábitos dos viajantes nacionais, fazendo com que o próprio nordestino conheça a sua região de origem, onde um fator importante no turismo é a nossa cultura, tais como o folclore, as rendas de bilros, as cerâmicas, as festas juninas, o turismo histórico. No nordeste abriga o maior número de patrimônios culturais da humanidade como em Olinda, São Luís, Salvador e Piauí (Neto, 2007).

Mais recentemente, em razão da crise ambiental, a noção de sustentabilidade repercute profundamente nos círculos das atividades turísticas chegando-se, mesmo, afirmar que a sobrevivência da segunda, seria diretamente proporcional à preservação da primeira, sendo rapidamente incorporada pelos técnicos desenvolvimentistas brasileiros, sobre tudo a ideia de que se trata de uma alternativa de desenvolvimento duplamente vantajosa. Primeiro, porque exigia menos investimento do que a indústria tradicional, uma vez que depende de recursos já disponíveis no local e segundo, pela possibilidade de despertar a consciência ambiental, necessária á região (NETO, 2007).

A Paraíba, recentemente, não figurava entre os estados nordestinos mais favorecidos pela alta do setor. Algumas tentativas foram benéficas, porém, em relação aos demais estados do NEB, a Paraíba ainda está muito além de alcançar seus objetivos em relação ao turismo. Diversas fórmulas foram equacionadas para tornar-se um estado turístico, mas devido à lentidão e a desordem do setor ainda encontra-se em atraso e a sua expansão caminha muito lentamente.

Elementos meteorológicos

Desde o despertar da humanidade, nossos ancestrais aprenderam a conviver no meio ambiente, abrigando-se do frio, dos raios solares, do vento e da chuva em suas cavernas. Mas tarde, aprenderam também a produzir e controlar o fogo, usar vestuário e construir habitações, assim o homem procurava amenizar os rigores do meio ambiente, minimizando os efeitos da flutuação do tempo, com informações básicas a diversas áreas para as comunidades.

No decorrer da sua história, o homem logo compreendeu a importância que o tempo exercia em sua economia. Na época dos grandes descobrimentos, era necessária a existência de ventos favoráveis para impelir as embarcações ao longo da rota desejada. Assim sendo, as atividades humanas era condicionado, cada vez mais, ao estudo do tempo, fato este que se acentuaria com o passar dos anos.

No período pré-histórico (até o século V a.c.), a grande maioria dos fenômenos atmosféricos era considerada como demonstração de desagrado e símbolo dos deuses. Entretanto pesquisas etnológicas comprovaram a existência de algumas observações obtidas periodicamente entre os povos mais adiantados daquela época. Por intermédio da Arqueologia, alguns cálculos e observações meteorológicas gravadas em tábuas de barro foram encontrados na Mesopotâmia.

No período sinótico, desde 1800, é possível fazer uma boa previsão do tempo para um período de 24 á 48 horas. Em alguns casos, fenômenos isolados e bem característicos podem ser previstos com vários dias de antecedência. Recentemente a análise sinótica vem recebendo inestimável auxílio dos fac-símiles registradores, dos satélites meteorológicos, dos radares, das estações meteorológicas automáticas, dos modelos numéricos e dos pesquisadores mais atuantes que por sua vez, em muito, têm colaborado na análise, além do grande uso que vem tendo em outras áreas afins da meteorologia.

A importância da meteorologia

Inúmeros ramos das atividades humanas utilizam os fatores meteorológicos: neste trabalho citamos alguns ramos e fazemos comentários sobre a aplicação da meteorologia aos mesmos.

Turismo

Previsão do tempo climatológico dos lugares de grande interesse turístico para orientar os visitantes quanto ao tipo de roupa a serem utilizadas, as condições do tempo que vai encontrar etc.

Materiais e métodos

Histórico do município de cabaceiras

O município de Cabaceiras foi fundado em 1735, ficou conhecido nacionalmente como o lugar de menor índice pluviométrico do Brasil. O termo Cabaceiras tem origem de uma planta denominada “cabaceira” sendo rasteira e que produz o cabaço que quando seca, serra-se e transforma num recipiente para água. O município é conhecido como a Terra dos Cruzeiros dos quais os mais importantes são o Cruzeiro da Pedra do Rosário, a do Século e da Menina (RAMOS, 2005).

O município preserva como poucas as características arquitetônicas dos prédios construídos no século passado, levando a cidade a caminhar a passos largos para o tombamento de patrimônio nacional.

Turismo e cultura

Em 1998, o município recebeu do Ministério da Indústria, do Comércio e do Turismo e Instituto Brasileiro de Turismo - EMBRATUR, o selo de Município Prioritário para o Desenvolvimento do Turismo (Ramos, 2005).

As ações desenvolvidas pela prefeitura têm feito do município um atrativo histórico, cultural, arqueológico, além do resgate das festas populares como os festejos juninos e a festa do Bode Rei sendo o seu principal atrativo do turismo por se destacar na criação de ovino caprinocultura do estado. Na cidade foram criados novos eventos como: A Semana Cultural, entre outra, também conta com o museu histórico e cultural do Cariri paraibano.

O título de cidade com menor índice pluviométrico do Brasil, e de suas formações de lajedo que se espalham na paisagem de um escaldante sol nordestino, ao contrário do que pode parecer, vem ajudando a pequena cidade a entrar na rota turística mundialmente e servir de palco cinematográfico. A rota turista, inclusive de estrangeiros, que desembarcam com grande curiosidade.

A cidade chama atenção por ter belas e ricas reservas arqueológicas, o Lajedo de Pai Mateus com formações rochosas únicas no mundo. É ótima para a prática do turismo rural no Estado. Em meio à seca da caatinga, os roteiros turísticos atraem turistas brasileiros e estrangeiros que querem aventurar-se em meio aos matações do Lajedo. Um imenso mar de granito que se destaca na paisagem do local com dezenas de blocos que há milhares de anos serviu de habitat para os índios que deixaram suas marcas rupestres (Dutra, 2004).

As atrações turísticas e locais são muitas sem discorrer da cordialidade da população e das lindas mulheres existentes. Na zona rural, em cenários que encantam e intrigam, existem vários sítios arqueológicos escondidos entre os lajedos da região que transformam o lugar num dos mais importantes pontos de estudos arqueológicos do País. No município, enfeitado com reservados sobrados do início do século passado, museus e varias festa popular, justificam a invasão turística e cinematográfica, que há alguns anos vem mudando a imagem do seco Cariri paraibano, bem como da sua população (Dutra, 2004).

A festa do Bode Rei é um dos eventos de maior projeção para o município. O festival é espetacular, são criados cenários de antigos castelos, no qual, o bode é Vossa Majestade. Por sua importância na economia na região e resistência ao semiárido o bode é coroado o Rei do Cariri (Dutra, 2004)

A festa acontece em quatro cantos distintos, interligados entre si: parque do Bode Rei, onde é realizado o desfile com julgamento de raças, exposição de artesanato, praça de alimentação (culinária bodística), quadrilhas, forró, “bumba-meu-bode” e a Praça do Bode Rei, onde acontecem os shows e as apresentações musicais (Andrade, 2008)

Recentemente Cabaceiras foi rotulada de “Roliúde Nordestina”, atraindo muitos turistas, e por isso tem se voltado ao turismo sustentável e a produção de um conhecimento que ‘revele’ a cidade ao nível nacional. A cidade desenvolveu um grupo de guias turísticos, que recebe os grupos de turistas e jornalistas e apresenta um pouco da história e os lugares que serviram de cenários para alguns dos inúmeros filmes ali produzidos (Andrade, 2008).

A repercussão dá uma ideia da força e da importância dos eventos realizados por esta pequena cidade. Ressalte-se aqui a cobertura da mídia à Festa do Bode Rei através da imprensa nacional por meio de programas como: "Mais Você", "Globo Rural", da Rede Globo, e do "Domingo Espetacular", da TV Record, as quais produziram matérias para divulgação em todo o país, assim como uma equipe da Revista Isto É que acompanhou o evento (Melo, 2005).

Cabaceiras entrou na rota dos amantes do ecoturismo no Brasil e mundial. A cidade ganhou popularidade depois de ser descoberta por cineastas interessados em cenários típicos do semiárido e na boa luminosidade, permitindo mais tempo de filmagens durante o dia. Uma das minisséries mais famosa é o Auto da Compadecida gravada em 1998, a micro série “A Pedra do Reino” e as recentes gravações feitas para a novela “Aquele Beijo”, além de outros filmes entre documentários e ficções (MELO, 2005).

As boas vindas são dadas pelo letreiro 'Roliúde Nordestina', instalado em uma serra na entrada da cidade. Depois da parada obrigatória para foto, o visitante encontra o espaço que sedia anualmente a Festa do Bode Rei, criada em 1998 para valorizar a caprinovinocultura. De acordo com o SEBRAE, o evento dura quatro dias e atrai cerca de 50 mil pessoas (Pereira e Ramos, 2004).

Portanto, mesmo em áreas ditas inóspitas como o semiárido, onde o fator climático inviabiliza muitas atividades econômicas, pode abrir novas perspectivas para outras fontes de renda através do turismo que se torna viável à economia local, tendo como base a descoberta dos atrativos turísticos sem que haja descaracterização da paisagem sertaneja e nem a perda da identidade cultural (Pereira e Ramos, 2004).

O objetivo deste artigo foi baseado em dados meteorológicos estimados por retas de regressões múltiplas e dados reais com o intuito de uma contribuição dos elementos meteorológicos como temperatura (máxima; mínima; média e amplitude térmica), estimadas através da utilização do software "Estima_T", desenvolvido pelo Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA), da Universidade Federal de Campina Grande, PB, umidade relativa do ar, velocidade do vento, direção predominante do vento, insolação total; nebulosidade foi interpolada a partir dos dados circunvizinhos, a evaporação real e a evapotranspiração potencial foi determinado a partir do método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), precipitação climatológica, precipitações máximas e mínimas absolutas, para o período de 1926 a 2011, fornecidas pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A). Elaboração de tabela e gráficos para uma melhor visualização das flutuações dos elementos meteorológicos mensais e anuais na tentativa de auxílio aos guias turísticos e para o público em geral entender as flutuações que ocorrem entre as estações e os benefícios a própria saúde e a comodidade pessoal turística.

Resultados e discussões

Na Figura 1 pode-se observar o comportamento da precipitação em termos de médias mensais históricas e os valores máximos absolutos e mínimos absolutos ocorridos no município no período 1926-2011. Observa-se que as médias dos totais mensais de chuva variaram entre 3,4 mm em outubro e 60,2 mm no mês de abril. O quadrimestre mais chuvoso são os meses de março (59,8 mm) abril (60,2 mm) maio (42,3 mm) e junho (43,5 mm), os meses menos chuvosos são de setembro a dezembro com variações nos índices pluviométricos de 3,4 a 9,3 mm.

Os valores mínimos absolutos de chuvas ocorridos e registrados foram os anos de 1961 e 1962 com 3,6 mm e 10,7 mm respectivamente. Os valores máximos absolutos de ocorrências de chuvas registrados na área de estudo foi a do ano de 1964 com 775,5 mm. Os valores absolutos máximos registrados oscilam entre 45,0 mm e 386,0 mm, demonstrando com isto a variabilidade espacial e temporal com grandes irregularidades.

O período chuvoso inicia-se no mês de janeiro com chuva de pré-estação e prolonga-se até o mês de julho, o que se destaca é a frequência de irregularidade nas distribuições dos índices pluviométricos entre os meses e anos.

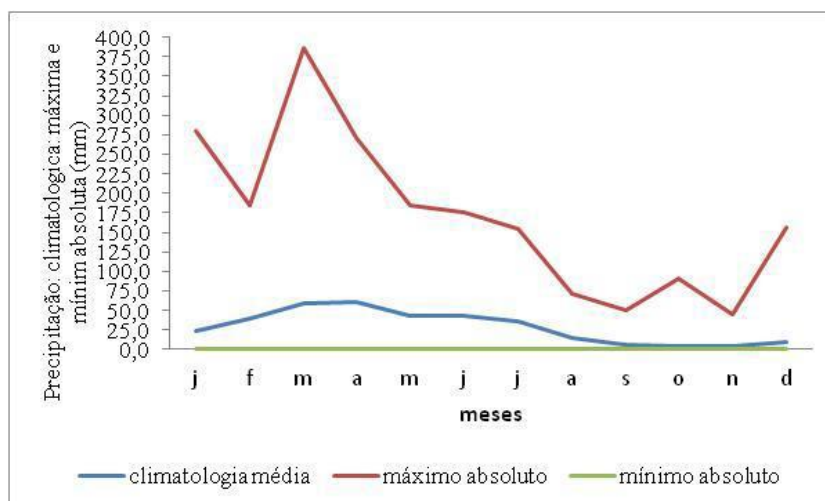


Figura 1. Flutuações mensais da precipitação histórica, máxima e mínima absoluta para o município.

Na Figura 2 observa-se a variação dos totais anuais das chuvas climatológicas para o período de 1926-2011, onde se pode constatar que a média anual histórica é de 336,6 mm com 86 anos de observações. Durante o período analisado ocorreu grande variabilidade dos totais anuais de chuva podendo esta variabilidade ser observada como nos anos de 1961 (3,6 mm) e 1962 (10,7 mm) e o ano de 1964 (775,5 mm), onde apresentaram os menores e maiores índices pluviométricos. O município apresenta uma série de 42 anos com precipitações abaixo da média histórica e 44 anos com índices pluviométricos acima da média.

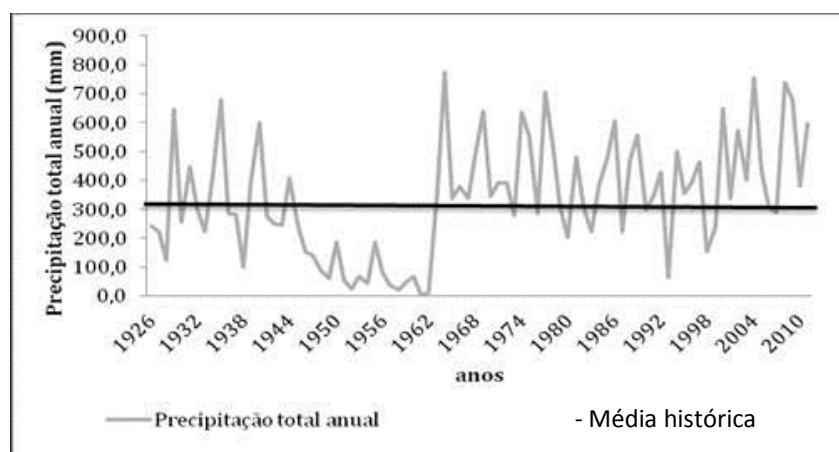


Figura 2. Flutuações anuais da precipitação histórica para o município.

A variabilidade da evapotranspiração potencial e da evaporação real podem ser observadas na figura 3, onde demonstra suas flutuações mensais, observa-se que nos meses de agosto a janeiro a evaporação real oscilam abaixo de 20,0 mm e nos meses de junho a setembro os valores da evapotranspiração potencial oscilam entre 80,0 a 100,0 podendo causar transtornos aos turistas que não estão acostumados com oscilações bruscas destes elementos. Sendo um dos elementos propícios a provocarem queimadas e incêndios devido à falta de água no solo e planta.

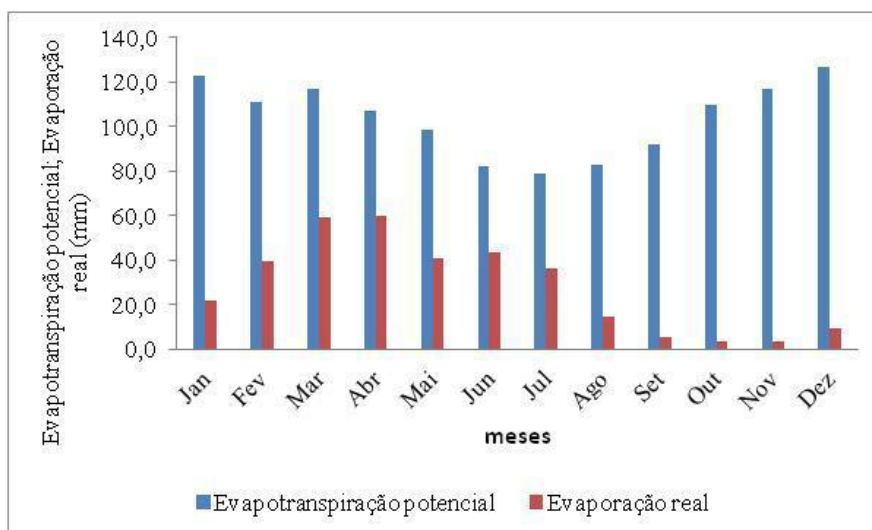


Figura 3. Flutuações mensais da evapotranspiração potencial e evaporação real em Cabaceiras.

A Figura 4 demonstra o comportamento das flutuações das temperaturas máximas, mínimas, médias e da amplitude térmica para o período compreendido entre 1950 a 2010. As variações dos índices da temperatura máxima, sendo o menor valor de 27,8 °C em julho e a o maior valor 32,6 °C em dezembro, com uma taxa anual de 33,5 °C. A temperatura mínima anual é de 19,7°C, com oscilações fluando entre 17,8 °C no mês de agosto a 20,8 °C nos meses de fevereiro e março. Cabaceiras têm uma temperatura média anual de 24 °C e suas flutuações mensais oscilam entre 22,1 a 25,3 °C, as amplitudes térmicas mensais fluam entre 9,3 a 12,4 °C com uma taxa anual de 10,8 °C.

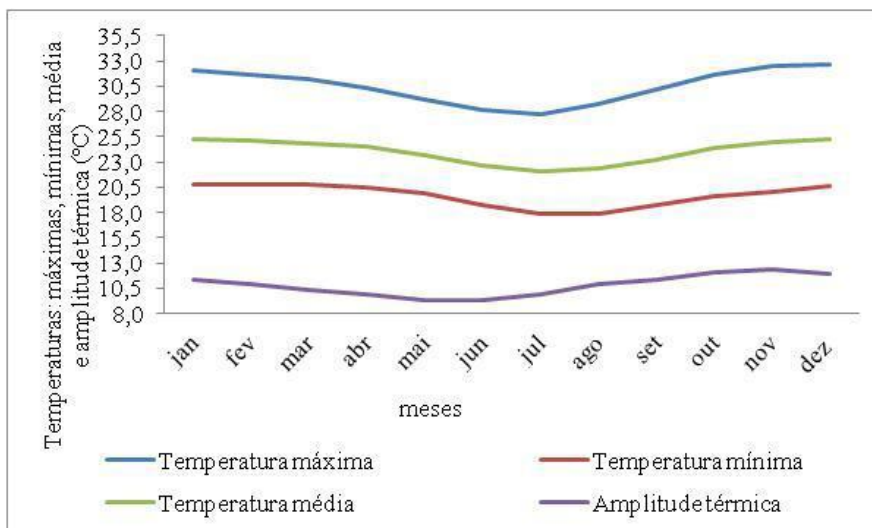


Figura 4. Flutuações mensais das temperaturas: máximas, mínimas, média e amplitude térmica para o município no período de 1950-2010.

A variabilidade mensal e anual da umidade relativa do ar pode se observada na Figura 5, onde os máximos de umidade relativa do ar ocorrem nos meses de abril a julho e nos meses de setembro a novembro os menores índices de umidade relativa do ar.

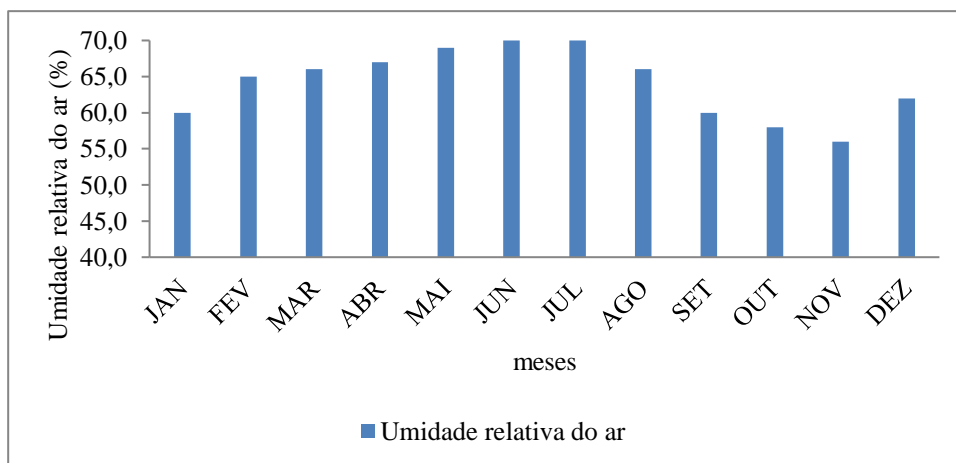


Figura 5. Flutuações mensais da umidade relativa do ar para o município.

A velocidade média do vento esta representada na Figura 6, onde nos demonstram a sua variabilidade mensal, observamos que nos meses de março a julho ocorre a menor intensidade de vento e nos meses de agosto a fevereiro as maiores intensidade de vento são registradas, salienta-se que devido à flutuação da pressão atmosférica podem ocorrer formações de redemoinho durante os meses de velocidades altas, espera também nesta época rajadas de ventos superiores a 15 m/s em área isoladas.

A flutuação da insolação total no município pode ser observada na Figura 8, onde notamos a variabilidade deste elemento mês a mês, os menores índices de insolação total acontecem nos meses de abril a setembro, e os maiores índices de insolação são registrados nos meses de outubro a março.

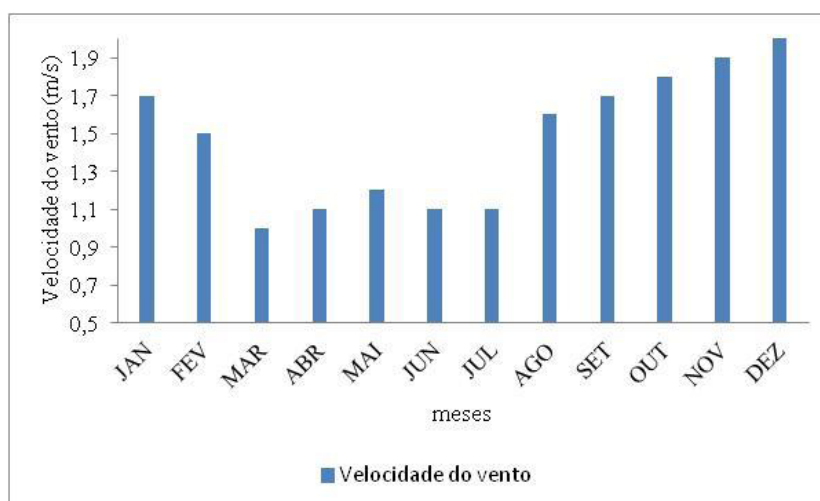


Figura 6. Flutuações mensais da velocidade do vento para o município.

A Figura 7 mostra as flutuações de cobertura de nuvens durante os meses, seguindo basicamente o comportamento inverso da insolação total, no período de março a julho tem-se cobertura de nuvens máximas e nos demais meses a cobertura de nuvens oscilam devido à flutuação dos centros de pressões.

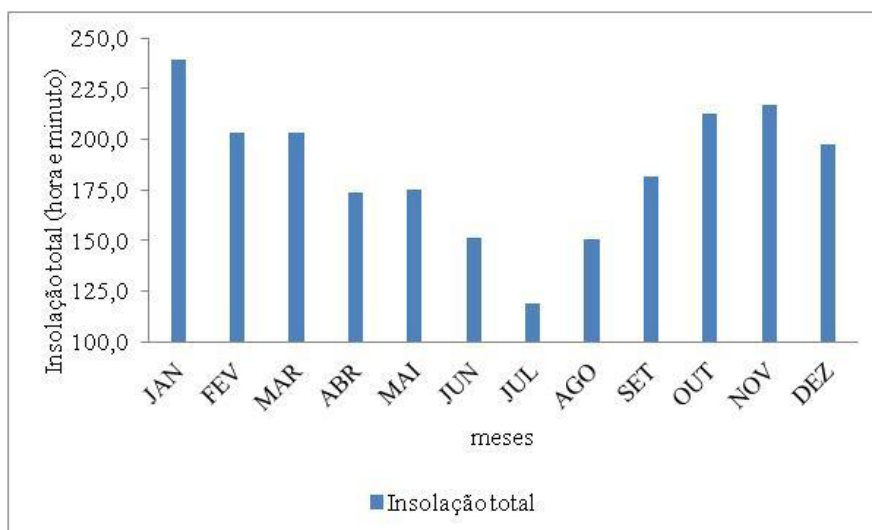


Figura 7. Flutuações mensais da insolação total, para o município.

A Figura 8. Flutuações mensais da nebulosidade total, para o município. Estas informações são relevantes aos visitantes para que os mesmo utilizem roupas e calçados mais adequados ao percurso que irão realizar durante suas visitas aos pontos turísticos, além de levarem água e produtos para proteção de pele. Outra recomendação é quanto às variações da amplitude térmica aos visitantes principalmente os que sofrem de doenças respiratórias, pois ira passar por dificuldade de respiração nos trajetos.

Nestes meses o guia turístico tem obrigação de alertar os turistas quanto a flutuação da umidade relativa do ar que poderá provocar tonteira, sangramentos de ouvido e nariz, ressecamento de garganta, aceleração do batimento cardíaco entre outros, como também informar a necessidade de levar água e medicamentos.

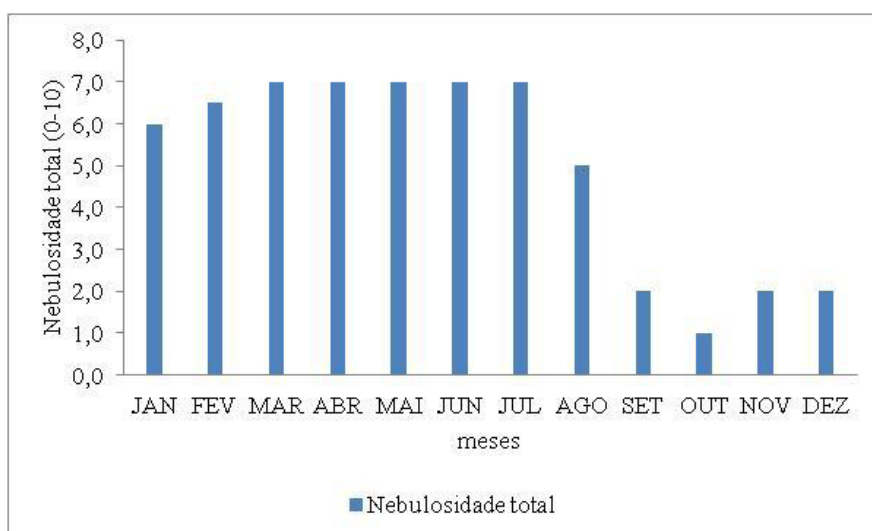


Figura 8. Flutuações mensais da nebulosidade total, para o município.

Conclusões

Informações de variações de temperatura máxima, mínima do ar e da amplitude térmica, umidade relativa do ar, da insolação total e cobertura de nuvens e as ocorrências dos seus extremos mensais, são importantes para a adequação de vestimentas, utensílios e outros aparatos necessários para um melhor aproveitamento da visitação local.

O período chuvoso ocorre entre os meses de março a junho, neste período os guias turísticos devem elaborar planos emergenciais para proporcionar aos visitantes boas estadias. Os meses de junho a setembro ocorrem às menores flutuações dos elementos evapotranspiração e evaporação como existem a escassez de água no solo e nas plantas os guias devem alertar os visitantes quanto ao manuseio de objetos que produzem faíscas com o intuito de evitar incêndios ou queimadas casuais.

O conhecimento do comportamento dos elementos climatológicos e/ou meteorológicos é importante para a área estudada, podendo fornecer subsídios para os guias turísticos e a população em geral visando informar as flutuações dos elementos meteorológicos aos seus visitantes de modo a proporcionar maior segurança e conforto ambiental durante as visitas.

As referidas informações devem contribuir para uma melhor arrecadação proporcionada pelo comércio local sobre os turistas, portanto proporcionando aos gestores locais subsídios de modo a traçar estratégias para tirar o maior proveito possível de cada época do ano.

O estudo dos elementos meteorológicos e sua variabilidade mensal e anual da área estudada vêm a contribuir para a confiabilidade das informações, o desenvolvimento e o crescimento do setor turístico assim como de outros setores da economia local e regional, auxiliando nos planejamentos das atividades dos roteiros e de novas formas de explorar o potencial cultural, turístico e de lazer da região, no sentido de garantir o máximo de conforto e satisfação aos visitantes.

Referências bibliográficas

- AB'SÁBER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Geomorfologia, São Paulo, p.26. 1970.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. João Pessoa, 2011.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Dados Pluviais. 2011. Disponível em: www.aesa.pb.gov.br/index.php. Acesso: mar. 2012.
- ALCÂNTARA SILVA, V. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; GOMES FILHO, M. F. Variabilidade pluviométrica entre regimes diferenciados de precipitação no estado do Piauí. Revista Brasileira de Geografia Física, 6 (5), p.1463-1475. 2013.
- ALMEIDA, H. A, SILVA, L. Modelo de distribuição de chuvas para a cidade de Areia, PB. In: I Congresso Intercontinental de Geociências, Fortaleza, CE, *Anais...*, Fortaleza: CD-ROM. 2004.
- ALMEIDA, H. A. Variabilidade anual da precipitação pluvial em Cabaceiras, PB, In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XIII, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2003, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, pp. 835-837, 2003.
- ALMEIDA, H. A.; PEREIRA, F. C. Captação de água de chuva: uma alternativa para escassez de água. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15, Aracaju, SE, *Anais...*, Aracaju: CD-ROM. 2007.
- ALVES L. M.; OBREGON, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS. R.; GILLIN, K. Riscos Ambiental, v.10, n.1, p.140-147, 2006.
- ANDRADE, M. C. Geografia, ciência da sociedade: uma Introdução á análise do pensamento geográfico. São Paulo: Atlas. 1987.
- ANDRADE, V. G. Roliúde Nordestina - Um cenário de formação dos sujeitos. Fênix – Revista de História e Estudos Culturais, vol.5, ano V.1, disponível em: www.revistafenix.pro.br. 2008.
- ARAGÃO, J. O. R. Um estudo das estruturas das perturbações sinóticas do Nordeste do Brasil. (INPE-789-TPT/017). Dissertação (Mestrado em Meteorologia), 1975.
- ARAÚJO, W. S. Detecção de Tendências de mudanças climáticas para os estados da Bahia e Sergipe por meio de índices pluviométricos diários. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal e Campina Grande. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Campina Grande – PB, 2009.
- ARRAES, F. D. D.; LOPES, F. B.; SOUZA, F.; OLIVEIRA, J. B. Estimativa do Balanço Hídrico para as condições climáticas Iguatu, Ceará, usando Modelo Estocástico. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. Fortaleza, v.3, n.2, p.78–87, 2009.
- ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas, RS, Ed. Universitária/UFPEL, 161p, 1996.
- AUBREVILLE, A. Climats, forêts et désertification de l’Afrique Tropicale. Paris: Société d’Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales. 1949.
- BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; BOLFE, E. L. Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Campina Grande: Embrapa Algodão, 418 p. 2003.
- BARRETO, P. N.; SILVA R. B. C.; SOUZA, W. S.; COSTA, G. B.; NUNES, H. G. G. C.; SOUSA, B. S. B. Análise do balanço hídrico durante eventos extremos para áreas de floresta tropical de terra firme da Amazônia Oriental. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte. Anais Belo Horizonte. CD. 2009.

- BARRETT, E. C.; CURTIS, L. F. Introduction to environmental Remote Sensing, London: Chapman e Hall, 3rd.Ed, 425p. 1992.
- BARROS, A. H. C.; ARAÚJO FILHO, J. C. DE; SILVA, A. B. DA; SANTIAGO, G. A. C. F. Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 211. Recife: Embrapa Solos, 32p. 2012.
- BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. M.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização climática das regiões pluviometricamente homogêneas do estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, 4 (2), p. 286-299. 2011.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: Tucci, C. E. M. (Org.). Hidrologia: Ciência e Aplicação, UFRGS, ABRH, Porto Alegre. Cap. 5, p. 177-200, 1993.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 7.ed. São Paulo, Ícone,
- BLAIN, G. C. Tendências e variações climáticas em séries anuais de precipitação pluvial do Estado de São Paulo. *Bragantia* (São Paulo, SP. Impresso), v. 69, p. 765-770. 2010.
- BORDI, I.; FRAEDRICH, K.; JIANG, J.; SUTERA, A. Spatio-temporal variability of dry and wet periods in eastern China. *Theoretical and Applied. Climatology*, v. 79, p. 81-91. 2004.
- BRAGA, C. C. Classificação de regiões pluviometricamente homogêneas através de análise multivariada. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7, v.1. 1992.
- BRAGA, C. C.; SILVA, B. B. Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6, 1990, Salvador, BA. Anais... Salvador: Sociedade Brasileira de Meteorologia. v.1, 454 p.200 – 205. 1990.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN BRASIL. Brasília: MMA, 220p. 2004.
- CAMARGO, A. P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas: IAC. (Boletim Técnico, 116). 1971.
- CAMARGO, M. B. P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather. *Bragantia*, Campinas, v.52, p.169-172, 1993.
- CARVALHO, D. M.; COSTA, J. E. A Intervenção do Estado em Infraestrutura e o Processo de Circulação de Hortifrutigranjeiro em Itabaiana/SE. *Scientia Plena*, v.6, n.3, 2010.
- CARVALHO, S. M.; STIPP, N. A. F. Contribuição ao Estudo do Balanço Hídrico no Estado do Paraná: Uma Proposta de Classificação Qualitativa. *Geografia*, Londrina, v.13, n.1, jan./jun. 2004.
- CASSETI, V. Elementos de Geomorfologia. Goiânia: Editora UFG. 1994.
- CAVALCANTE, F. S.; DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça*, v.4, n.8. 2005.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais... Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157, 1994.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1, p.140-147, 2006.
- CAVALCANTI, E. R.; COUTINHO, S. F. S.; SELVA, V. S. F. Desertificação e desastres naturais na região do semiárido brasileiro. *Revista Cadernos de Estudos Sociais*, v.22, n.1, p.19-31. 2007.

- CERRI, C. E. P.; G. SPAROVEK, M.; BERNOUX, W. E.; EASTERLING, J. M.; chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. *Revista Ciência do Solo*, v.34, p.1029-1039. 2011.
- CHU, P. S. Diagnostic studies of rainfall anomalies in Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v. 111, p. 1655-1664, 1983.
- CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: Santana Neto, J. L. e Zavatini, J. A. (org). *Variabilidade e mudanças climáticas*. Maringá: Eduem, p.17-28. 2000.
- CONTI, J. B. O Conceito de Desertificação. *CLIMEP, Climatologia e Estudos da Paisagem*. Rio Claro, v.3, n.2, p.39. 2008.
- CORREIA, M. F.; SILVA, F. S.; SILVA ARAGÃO, M. R. S.; SANTOS, E. P.; MOURA, M. S. B. Impacto da expansão agrícola na amplitude térmica diária em ambiente semiárido. *Ciência e Natura*, v. Suplementar, p.311-314, 2011.
- COSTA, M. H. Balanço Hídrico, Caderno Didático n. 19, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 1994
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil -2005 <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/CABA039.pdf>
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. (1972).
- CPRM. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Diagnóstico do Município de Cabaceiras, Estado da Paraíba. 2005.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto: Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/CABA039.pdf>. Acesso mar 2012. 2005.
- CPTEC/INPE-PNUD. Ocorrência de El Niño. Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml acesso em: agosto de 2012.
- CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Revista Irriga*, v. 14, n. 1, p. 1 - 11, 2009.
- DANTAS, R. T.; NÓBREGA, R. S.; CORREIA, A. M; RAO, T. V. R. Estimativas das temperaturas máximas e mínimas do ar em Campina Grande - PB. In: Congresso Brasileiro DE Meteorologia; Rio de Janeiro, 11. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro. SBMET, 2000. p. 534-537. 2000.
- DRAGOMIR, S. S.; SCHOLZ, M. L.; SUNDE, J. Some upper bounds for relative entropy an applications. *An International Journal Computers and Mathematics with Applications*, v. 39, p. 9-100, 2000.
- DUTRA, J. L. A. Turismo como alternativa de desenvolvimento do Semiárido. 20 Experiências de Gestão Pública e Cidadania. Ciclo de premiação 2004. Org. Teixeira, M. A. C.; Godoy, M. G.; Coelho, C. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania, 228p. 2004.
- EEROLA, T. T. Mudanças climáticas globais: passado, presente e futuro. Florianópolis: 2003.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 112f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2010.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; LIMA, E. R. V. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.5, n.2, p.233-249, 2012.

- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; MEDEIROS, R. M. SÁ, T. F. F. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí – PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 5, p. 1043 - 1055, 2011.
- FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; MEDEIROS, R. M.; SÁ, T. F. F. CHAVES, I. B.; LIMA, E. R. V. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.5, n.2, p.233-249. 2012.
- GALVÃO, A. L. C. O. Caracterização geoambiental em região submetida aos processos de desertificação – Gilbués - PI, um estudo de caso. *Anais da Conferência Nacional da Desertificação*, Fortaleza, 1994. Brasília, Fundação Esquel Brasil. p.79-167. 1994.
- GOMES FILHO, M. F. Um estudo sobre a influência do albedo diferencial e da orografia na circulação atmosférica: uma aplicação para o Nordeste brasileiro. Instituto de Pesquisa Espaciais, INPE-1640-TDL/015, Dissertação (Mestrado em Meteorologia), 1979.
- HAYLOCK, M.; PETERSON, T., ALVES, L.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIACÃO, M.; BAEZ, J.; BARROS, V.; BERLATO, M.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GARCIA, V.; GRIMM, A.; KAROLY, D.; MARENGO J. A.; MARINO, M.; MONCUNILL, D.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J.; TREBEJO, I.; VINCENT, L. Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature. *Journal of Climate*, v.19, n.8, p.1490-1512, 2006.
- HECKENDORFF, W. D.; LIMA, P. J. Climatologia. In: Paraíba - Secretaria de Educação e Cultura e Universidade Federal da Paraíba. Atlas geográfico do Estado da Paraíba. João Pessoa, 1985.
- HORIKOSHI, A. S.; FISCH, G. Balanço Hídrico Atual e Simulações para Cenários Climáticos Futuros no Município de Taubaté, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água. An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v.2, n.2, 2007.
- HUDSON, N. Soil conservation. 2ed. Ithaca, Cornell University Press, 320p. 1971.
- HUNTZINGER, L. T; ELLIS, M. Central Nebraska River Basins. Bethesda: Water Resources Bulletin, V. 29, N.4, p.533-574. 1993.
- IBGE. (2009). Censo 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso nov. 2012.
- IBGE. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?>. Acesso nov. 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso out 2012. (1995).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso nov. 2012. (2009).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de março de 2011.
- ICHIKAWA, A. Global Warming – The Challenges. A Report of Japan’s Global Warming Initiative. Springer. USA. 2004.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2007). Climate Change – the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2007.

- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. “Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate Change Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) – IPCC. Climate Change 2001: Impact’s, Adaptation and Vulnerability. A Report of Working Group II of Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001a.
- JENKINS, G; B, R.; C. M.; G. D; L. J; W. R. Stabilising Climate to Avoid Dangerous Climate Change - A Summary Of Relevant Research at the Hadley Centre. Hadley Centre, January, 2005.
- JENSEN, J. R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. 3rd edition. Prentice-Hall. 2009.
- KABERGER, T.; MANSSON, B. Entropy and economic processes – physics perspectives. Ecological Economics, v. 36, p. 65-179, 2001.
- KAWACHI, T.; MARUYAMA, T.; SINGH, V. P. Rainfall entropy delineation of water resources zones in Japan. Journal of Hydrology, v. 246, p. 36-44, 2001.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200 cm. 1928.
- LAZINSKI, L. R. Variabilidade da utilização do modelo Soygro para a região de Londrina, PR. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo,. Piracicaba/SP. 1993
- LEMOS, M. S. S.; BAHIA, V. G. Erosividade da chuva. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.16, n.176,
- LIMA, F. B.; SANTOS, G. O. (2009). Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 89f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis – SP. 2009.
- LIU, L. Z.; QIAN, X. Y.; LUA, H. Y. Cross-sample entropy of foreign exchange time series. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, v. 389, n. 21, p. 4785-4792, 2010.
- LUCCHESI, A. A. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P. R. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 1-11. 1987.
- MACIEL, A.C.; MEDEIROS, R. M. Prognostico para armazenamento de águas pluviais de acordo com a variabilidade anual da precipitação pluvial em União, Piauí. V CONNEPI 2010 – Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. Maceio -Alagoas. Novembro. 2010.
- MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI M.; PENALBA, O.; RENOM, M. NA intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. Climatic Change. v. 98, p. 509–529, 2010.
- MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; ZEE, D.; PINTO, H. S. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Disponível em: http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf. Acessado em outubro de 2010. 2010.
- MARENGO, J. A.; SOARES, W. R.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the low-level Jet East of the Andes as Derived from NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. Journal of Climate, v. 17, n. 12, p. 2261 - 2280, 2004.

- MARENGO, J.; SILVA DIAS, P. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. Capítulo 3 em Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação, pp.63-109, Eds. A. Rebouças, B., Braga e J. Tundisi. Editoras Escrituras, SP. 2006.
- MARUYAMA, T.; KAWACHI, M. T.; SINGH, V. P. Entropy-based assessment and clustering of potential water resources availability. *Journal of Hydrology*, v. 309, n. 1-4, p. 104-113, 2005.
- MATOS, R. M.; SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 8, nº. 6, p. 422 - 431, 2014.
- MCKEE, T. B; DOESKEN, N. J; KLEIST J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. AMS: Boston, MA; 179–184. 1993.
- MEDEIROS, A. M. T. Variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial diária sobre a bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa. Dissertação de mestrado. UFPB-DCA, 104 p. 2003.
- MEDEIROS, A. M. T.; MEDEIROS, V. R. Análise das pluviometrias ocorridas na microrregião homogênea de Cariris Velhos e que contribuíram para a recuperação hídrica do volume armazenável do açude Epitácio Pessoa. Natal. Anais... Rio Grande do Norte: V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 1 CD. 2000.
- MEDEIROS, R. M. Balanço hídrico em planilhas eletrônicas conforme modelo Thorwaitwaite e Mather 1948. 2014.
- MEDEIROS, R. M. Estudo agrometeorológico para o Estado da Paraíba. 138p. 2013.
- MEDEIROS, R. M.; AZEVEDO, P. V.; SABOYA, L. M. F.; FRANCISCO, P. R. M. Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante – PI. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 7, n. 2, p. 170 - 180, 2013.
- MEDEIROS, R. M.; BANDEIRA, M. M.; FRANCISCO, P. R. M. Caracterização e classificação climática do município de Campina Grande - PB para a produção da cultura da mandioca In: IV SIC - Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa/PB. IV SIC - Simpósio Internacional de Climatologia. 2011.
- MEDEIROS, R. M.; BORGES, C. K.; VIEIRA, L. J. S.; FRANCISCO, P. R. M. Análise climatológica da precipitação no município de Cabaceiras - PB, no período de 1930-2011 como contribuição a Agroindústria. In: Seminário Nacional da Agroindústria - V Jornada Nacional da Agroindústria, 2012.
- MEDEIROS, R. M.; SANTOS D. C.; SOUSA, F. A. S.; GOMES FILHO M. F. Análise Climatológica, Classificação Climática e Variabilidade do Balanço Hídrico Climatológico na Bacia do Rio Uruçuí Preto, PI. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v.06, n.04, 652-664. 2013.
- MEDEIROS, R. M.; SOUSA, E. P.; GOMES FILHO, M. F. Ocorrência de eventos extremos de precipitação em Campina Grande – Paraíba, Brasil. Multidimensão e territórios de risco. presented at the 2014. Coimbra, P.437-440. Disponível em: <<https://digitalis.uc.pt/handle/10316.2/34875>>. 2014.
- MEDEIROS, S. S.; CECÍLIO, R. A.; JÚNIOR, JÚLIO C. F. MELO; JÚNIOR, J. L. C. S. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v.9, n.2, 2005.
- MEIS, M. R. M.; COELHO NETTO, A. L.; OLIVEIRA, P. T. T. M. Ritmo e variabilidade das precipitações no vale do rio Paraíba do Sul: o caso de Resende. *Revista de Hidrologia e Recursos Hídricos*, V.3, 1981.

- MELO L. F. S.; MEDEIROS, R. M. Prognóstico para armazenamento de águas pluviais de acordo com a variabilidade anual da precipitação pluvial em Pedro II, PI. 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina – Piauí, de 11 a 14 de julho de 2005. CD-ROM.2005.
- MENDONÇA, F; OLIVEIRA, I. M. D. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Ed. Oficina de Textos. 2007.
- MIN, S. K.; KWON, W. T.; PARK, E. H.; CHOI, Y. Spatial and temporal comparisons of drought over Korea with east Asia. *International Journal of Climatology*, v. 23, p. 223-233. 2003.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 17, p. 1-10, 2002.
- MONTAÑO, M. A. J.; EBELING, W.; POHL, T.; RAPP, P. E. Entropy and complexity of finite sequences as fluctuating quantities. *BioSystems*, n. 64, p. 23-32, 2001.
- MORAIS, L. G. B. L.; FRANCISCO, P. R. M.; MELO, J. A. B. Análise da cobertura vegetal das terras de região semiárida com o uso de geotecnologias. *Revista Polêmica*, v. 13, n. 3, p. 1345 - 1363, 2014.
- MOULIN, G. D. Técnicas de entropia e de geoestatística no dimensionamento de redes pluviométricas. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Vitória, 2005.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. Hidrologia Estatística. CPRM, 552p. 2007.
- NETO, C. G.; SILVA, M. G. C. Atividade Turística Aliada ao Desenvolvimento Sustentável em Cabaceiras-PB. *Revista Eletrônica de Turismo Cultural*, 2007.
- NICHOLSON, S. E. (1999). Progress physical geography. In: Sistemas de alerta temprana para casos de sequía y desertificación. OMM - n.906, Genebra, 12p.
- NOBRE, C. A.; ASSAD, E. D. O aquecimento global e o impacto na Amazônia e na agricultura brasileira. *INPE e Print*, São José dos Campos, v. 1, 2005.
- NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade climática intra sazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998 – 2000. *Climanálise*, CPTEC/INPE, São Paulo. Dezembro, 2001.
- NOGUEIRA, V. F. B.; CORREIA, M. F.; NOGUEIRA, V. S. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha - MA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.5, p.708 –724,2012.
- OLIVEIRA, G. S. O El Niño e Você: o fenômeno climático. Editora Transtec - São José dos Campos (SP), 2001.
- OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO T.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: options. *Scientia Agricola*, v.64, n.1, p.83-99, 2007.
- OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal, São Paulo: Ceres, 440p. 1981.
- OMM. Organização Meteorologica Mundial. Calculation of monthly and annual 30 - year standard normals. Geneva (WMO). Technical document, v.341; WCDP, n.10, 1989.
- ORTOLANI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. *Ecofisiologia da Produção Agrícola*. Piracicaba: Potafos, 249 p. 1987.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF, 112p. 2006.

- PARAÍBA. Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Governo do Estado da Paraíba.
- PAULA, R. K.; BRITO, J. I. B.; BRAGA, C. C. Utilização da análise de componentes principais para verificação da variabilidade de chuvas em Pernambuco. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia. Anais... Belém do Pará, PA. CD Rom. 2010.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 478p. 2002.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 183p. 1997.
- PEREIRA, M. C. A.; MELO, D. F.; MELÓ, R. G. C.; SILVA, R. F. B.; FARIAS, S. A. R. Mesorregiões da Paraíba e suas necessidades de captação de água de chuva. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8., 2012, Campina Grande. Anais. Campina Grande: FIEP, p. 01-06. 2012.
- PEREIRA, G. W. M.; CASAROLI, D.; BRITO, B. V.; COSTA NETO, G. M. F. Evangelista, A. W. P. Estimativa da temperatura média do Estado de Goiás utilizando um interpolador SIG e coordenada geográfica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 16, Foz do Iguaçu. Anais... INPE, 2013.
- PEREIRA, R. A.; RAMOS, M. M. Q. Potencialidades turísticas de São João do Cariri- PB: uma via para o desenvolvimento socioeconômico no Semiárido. In: VIII Congresso Latino- Americano de Iniciação Científica. São Jose dos Campos - SP, p.1114 -1117. 2004.
- PICARRETA, M.; CAPOLONGO, D.; BOENZI, F. Trend analysis of precipitation and drought in Basilicata from 1923 to 2000 within a southern Italy context. International Journal of Climatology, v. 24, p. 907-922. 2004.
- PRADO, DARIÉN E. As Caatingas da América do Sul. In: Ecologia e Conservação da Caatinga. 3ed. Inara R. Leal, Marcelo Tabarelli e José Maria Cardoso da Silva (Editores). Recife: Ed. Universitária da UFPE, 822p. il. pp. 03-73. 2008.
- RAMOS, A. B. História de Cabaceiras. Disponível em: <http://www.db.com.br/noticias/?47760>. Acesso abr 2012.
- RASMUSSEN e CARPENTER . Monthly Weather Review, Ropelewski e Halpert 1987, Monthly Weather Review. Cold episode sources Ropelewski e Halpert 1989, Journal of Climate. Climate Diagnostics Bulletin. A intensidade dos ventos é baseada no padrão e magnitude das anomalias da TSM do Pacífico Tropical. 1983.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. Barueri (SP): Manole, Rolim, G. S.; Sentelhas, P. C. Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite e Mather (1955). Piracicaba. ESALQ. 1999. CD-ROM. 1990.
- REIS, A. S.; LACERDA, F. F.; VAREJÃO-SILVA, M. A. Climatologia do sertão de Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 9, Campina Grande, 1995. Anais, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, pp. 199-201, 1995.
- RICOTTA, C. Bridging the gap between ecological diversity indices and measures of biodiversity with Shannon's entropy: comment to Izák and Papp. Ecological Modeling, n. 46, 1-3, 2001.
- ROLIM, G. S. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. Revista Bragantina, v. 66, n. 4, p. 711 - 720, 2007.

- SALES, M. C. L. Estudo da degradação ambiental em Gilbués - PI. Reavaliando o núcleo de desertificação. Dissertação (Mestrado). São Paulo, USP, 181p. 1996.
- SALES, M. C. L.; RAMOS, V. M. Caracterização ambiental das áreas sob influência do reservatório de Bocaina (PI) com base na compartimentação geomorfológica. In: Carta CEPRO, Teresina, v.18, n.1, p.149-161, 2000.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica à geografia do Clima: Gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico. In: Anpege, v. 4, 2008.
- SANTANA, M. O.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A., SILVA, D. D. Caracterização da estação chuvosa para o estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.15, n.1, p.114-120, 2007.
- SANTANA, M. O.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; SILVA, D. D. Caracterização da estação chuvosa para o estado de Minas Gerais. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.15, n.1, p.114-120. 2007.
- SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B. Análise dos índices de extremos para o semiárido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.3, p.303-312, 2007.
- SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 4, n. 3, p.142 - 149, 2010.
- SEDIYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, J. C. F. Modelos para estimativa das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no estado de Minas Gerais. Revista Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.6, n.1, p.57-61, 1998.
- SEIFFERT, N. F. Uma contribuição ao processo de otimização do uso dos recursos ambientais em micro bacias hidrográficas. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) UFSC/Centro Tecnológico, Florianópolis. 1996.
- SEMARH. Plano estadual de recursos hídricos do Estado da Paraíba. Governo do Estado da Paraíba, João Pessoa, Paraíba. In prelo. 2003.
- SENTELHAS, P. C.; MARTA, A. D.; ORLANDINI, S.; SANTOS, E. A.; GILLESPIE, T. J.; GLEASON, M. L. Suitability of relative humidity as estimator of leaf wetness duration. Agricultural and Forest Meteorology, v.148, p.392-400, 2008.
- SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. Meteorologia Agrícola. Piracicaba-SP. Universidade de São Paulo. Departamento de Ciências Exatas, fevereiro, 1999.p 46-70.
- SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L.R; ALFONSI, R. R. CARAMORI, P. H; SWART, S. Balanços hídricos climatológicos do Brasil – 500 balanços hídricos de localidades brasileiros. Piracicaba: ESALQ, 1 CD-ROM. 1999.
- SHANNON, C. E. The mathematical theory of communications. I and II Bell System Tech. Journal, 1948.
- SHUTTLEWORTH, W. J. Evaporation. IN MAIDMENT, D. R. (Ed.) Handbook of Hydrology. New York, McGraw-Hill Inc. 1993.
- SINGH, V. P.; XU, C.-Y. Evaluation and Generalization of 13 Equations for Determining Free Water Evaporation, Hydrol. Processes11, p.311-323, 1997.
- SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. Catena, v.57, p.251- 259, 2004.

- SILVA, I. A. S.; SILVA, J. C. B.; SILVA, K. A. Estudo da desertificação em Gilbués – Piauí: Caracterização física, variabilidade climática e impactos ambientais. I SIREGEO, Simpósio Regional de Geografia do Cerrado, Barreiras, BA. p.331-343, 2010.
- SILVA, M. A. V. Evapotranspiração em cultura irrigada no semiárido sub-médio São Francisco. 107p. (INPE-1038-TPT/054) Dissertação (Mestrado em Ciência Espacial e da Atmosfera) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1977.
- SILVA, M. C. L.; BRITO, J. I. B.; COSTA, A. M. N. Proposta de monitoramento da precipitação pluvial no estado da Paraíba utilizando a técnica dos Quantis. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIII, Fortaleza - CE. Anais... SBMET.2004.
- SILVA, V. M. A.; MEDEIROS, R. M.; ARAUJO, S. M. S. Desertificação e variabilidade pluviométrica em São João do Cariri – PB no período de 1911-2010 In: I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, 2013, Campina Grande - PB. I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro. Campina Grande - PB: REALIZE, 2013.
- SILVA, V. M. A.; MEDEIROS, R. M.; PATRÍCIO, M. C. M. Degradação e Desertificação, evolução dos estudos da Paraíba com uso de Geotecnologias. In: II Congresso Nordeste de Biogeografia – CNEA e IV Encontro Nordeste de Biogeografia, 2011.
- SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. Journal of Arid Environments n.58, p.575-596. 2004.
- SILVA, V. P. R.; CAVALCANTI, E. P.; NASCIMENTO, M. G.; CAMPOS, J. H. B. C. Análises da precipitação pluvial no Estado da Paraíba com base na teoria da entropia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 269-274, 2003.
- SINGH, V. P.; RAJAGOPAL, A. K. Some recent advances in application of the principle of maximum entropy (POME) in hydrology. IAHS 194, 353-364, 1987.
- SIQUEIRA, L. (1964). Aspectos hidro geológicos do Cariri Paraibano. SUDENE - Boletim de Recursos Naturais, Recife, n. 2, p. 11-44, 1964.
- SLEIMAN, J.; SILVA, M. E. S. A Climatologia de Precipitação e a Ocorrência de Veranicos na Porção Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. SIMPGEO/SP, Rio Claro, 2008.
- SOARES, F. A. O. Boa Vista de Santa Roza, de Fazenda à Municipalidade. Campina Grande: Epgraf, 2003.
- SOBRINHO, J. E.; PEREIRA, V. C.; OLIVEIRA, A. D.; SANTOS, W. O.; SILVA, N. K. C.; MANIÇOBA, R. M. Climatologia da precipitação no município de Mossoró-RN. Período: 1900-2010. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia-18 a 21 de julho de 2011. CD-ROM. 2011.
- SORIANO, B. M. A. Caracterização climática de Corumbá - MS. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 25p. (EMBRAPA-CPAP. Boletim de Pesquisa, 11). 1997.
- SOUSA, E. P.; SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; OLIVEIRA, S. D. A Teoria da Entropia na Análise da Precipitação no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, n. 2, p. 386-399, 2012.
- SOUSA, E. S.; LIMA, F. W. B.; MACIEL, G. F.; SOUSA, J. P.; PICANÇO, A. P. Balanço hídrico e classificação climática de Thornthwaite para a cidade de Palmas-TO. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém-PA, Anais on line, 2010.
- SOUZA, W. G.; RIBEIRO, A.; AMORIM, R. C. F.; SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, C. A. A. S.; FACCO, A. G. Geo espacialização da evapotranspiração potencial e real Para a bacia do rio Doce – Minas Gerais. In: Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, Fortaleza, 2004.

- SOUSA, L. F.; SANTOS, E. G. Localização do município de Cabaceiras com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Paraíba. 2015.
- SOUSA, R. F.; MOTTA, J. D.; GONZAGA, E. N.; FERNANDES, M. F.; SANTOS, M. J. Aptidão agrícola do Assentamento Venâncio Tomé de Araújo para a Cultura do Sorgo (*Sorghum bicolor* - L. Moench). *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.3, n.2. 2003.
- SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V.. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. *Mercator*, v.8, n.16, p.217-232, 2009.
- STRANG, D. M. G. Análise climatológica das normais pluviométricas do Nordeste brasileiro. São José dos Campos, CTA, (IAE – M-02/72). 1972.
- STRASSBURGER, A. S.; MENEZES, A. J. E. A.; PERLEBERG, T. D.; EICHOLZ, E. D.; MENDEZ, M. E. G.; SCHÖFFEL, E. R. Comparação da temperatura do ar obtida por estação meteorológica convencional e automática. *Revista brasileira de meteorologia*, 26 (2), p.273-278. 2011.
- STURM, M.; PEROVICH, K.; SERREZA, M. C. O Acelerado Derretimento do Norte. In: *Scientific American Brasil*. N.12. p.34-41. 2005.
- SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Dados pluviométricos mensais do nordeste – Série pluviometria 5. Estado da Paraíba. Recife, 239p. 1990.
- TARIFA, J. R. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. In: *Revista do Departamento de Geografia*, n. 8, p. 12-23, São Paulo, 1994.
- TENENBAUM, R. V. O.; MEDEIROS, R. M. Variabilidade anual da precipitação pluvial e condição de armazenamento de água de chuva no município de São Raimundo Nonato, Piauí 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina – Piauí, de 11 a 14 de julho de 2005. CD-ROM. 2005.
- THORNTON, C. W. AN. Approach Toward a Rational Classification of Climate Geography *Review*, V.38, P.55-94, 1948.
- THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. The Water Balance. *Publications In Climatology*. New Jersey: Drexel Institute Of Technology, 104p. 1955.
- THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. *Publications In Transactions of the American Geophysical Union*, v.39, n.2, p.285-291. 1958.
- TUCCI, C. E. M. Impactos da variabilidade climática e dos usos do solo nos recursos hídricos. Brasília: ANA, p.150. Relatório Técnico, 2002.
- TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos. Multiciência: *Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da Unicamp*. Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos, 2003. Disponível em: <http://www.multiciencia.unicamp.br>. Acesso em: 05 mar. 2013.
- VAREJÃO SILVA, M. A.; BRAGA, C. C., AGUIAR, M. J., SILVA, B. B.; NITZCHE, M. H. Atlas climatológico do estado da Paraíba. Convênio UFPB / FINEP. p.132. 1987.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. *Meteorologia e Climatologia*. 2º. ed. Brasília: INMET, v. 1. p .515. 2000.
- VARGAS, M.G. Conflitos sociais e socioambientais: Proposta de um marco teórico e metodológico. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, p 191-203. 2007.
- VIANA, P. C. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas com base em um modelo digital de elevação para o Estado do Ceará. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Graduação em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Instituto Federal de Educação e Ciência Tecnologia, Campus Iguatu - CE, 2010.

- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 58p. 1978.
- WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. *Sociedade e Natureza*, v. 25, p. 179-190, 2013.
- WU, H.; HAYES, M.; WEISS, A.; HU, Q. An evaluation of the SPI, the China-Z index and the statistical Z-score. *International Journal Climatology*, v. 21, p. 745-758. 2001.
- XU, C.-Y.; SINGH, V. P. Evaluation and Generalization of Radiation-based Methods for Calculating Evaporation, *Hydrolog. Processes* 14, p.339–349, 2000.
- XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C. Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, Região Agreste de Alagoas. *Revista de Geografia*, v. 14, n. 2, 2005.
- ZANELLA, M. E. Inundações Urbanas em Curitiba/PR: Impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, 2006.
- ZHAI; JIANQING; SU, B., VALENTINA. V; VETTER T; GAO C; JIANG, T. Spatial Variation and Trends in PDSI and SPI Indices and Their Relation to Streamflow in 10 Large Regions of China. *Journal Climate*, 23, 649–663. 2010.

CURRICULUM DOS AUTORES

Claudeam Martins Gama: Graduado em Geografia pela Universidade Estadual da Paraíba (2011). Especialista em Geografia e Gestão Ambiental pela Faculdade Integradas de Patos (2012) Especialista em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB (2014)- Mestrando em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Atualmente trabalha com temas vinculados a Geociências, Geotecnologias, Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto, características climatológicas da região semiárida do Brasil.

Danilo Ericksen Costa Cabral: Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2014). Realiza estudos observando a relação dos oceanos com a precipitação da América do Sul em especial o Nordeste Brasileiro (NEB) e o Estado da Paraíba. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Modelagem Numérica da Atmosfera, atuando principalmente nos seguintes temas: teleconexões, oceanos, florestas tropicais, : zcas, brams, el niño, la niña, zcas, ncep/ncar, el niño, la niña, dols, médias históricas e climatologia, instabilidade, pico de chuva.

Edilene Dias Santos: Graduação em Ciências Econômicas, Pós-Graduação em Gestão e Planejamento Estratégico, em Economia Política, Mestrado em Recursos Naturais, pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Doutoranda em Recursos Naturais. Experiência na área de Docência pela UFCG, Faculdade Nossa Senhora de Lourdes - SINTEP e UNIP, desenvolve pesquisas nas áreas: Economia; Administração; Sustentabilidade e inovação tecnológica; Recursos naturais.

Elder Guedes dos Santos: Graduado em Licenciatura Plena Matemática pela Universidade Estadual da Paraíba (2013), Bacharel em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2013) e Mestre em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2015). Atualmente é aluno de doutorado do Programa de Pós Graduação em Meteorologia da UFCG-Campina Grande-PB.

Francisco de Assis Salviano de Sousa: Possui graduação em Bacharelado em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba (1984), mestrado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (1991) (nível 7) e doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (1996) (nível 7). Atualmente é Professor Associado IV da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Hidrologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Hidrometeorologia, modelagem hidrológica, climatologia física e estatística do Nordeste.

José Ivaldo Barbosa de Brito: Professor Associado da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. Graduado em Meteorologia, Mestrado em Meteorologia e Doutorado em Recursos Naturais na área de concentração Recursos Hídricos. Orientador de Doutorado, Mestrado, Especialização, Iniciação Científica e Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Graduação. Tem experiência na área de Ciências Ambientais, com ênfase em Meteorologia. Atuando principalmente nos seguintes temas: Extremos Climáticos, Variabilidade e Mudanças Climáticas, Desertificação, Recursos Hídricos, Clima do Semiárido do Nordeste, Subúmido Seco do Cerrado, Tropical Chuvoso da Amazônia Ocidental e Temperado do Rio Grande do Sul.

Leandro Fontes de Sousa: Bacharel (2012) e mestre (2015) em meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande-UFCG. Doutorando do Programa de Pós-graduação em Mete-

orologia da UFCG. Experiência na área de Geociências com ênfase em Meteorologia e Sensoriamento Remoto, atuando nos temas: extremos chuvosos, sistemas meteorológicos atuantes no semiárido brasileiro, fatores físicos da atmosfera tropical, variabilidade climática e variabilidade da vegetação. Conhecimentos em softwares estatísticos como o SPSS, Matlab e R.

Luciano Marcelo Falle Saboya: Graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1987), especialização em irrigação e drenagem (1988), mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (1995) e doutorado em Engenharia agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014). Professor adjunto I da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina Grande, Curso de Engenharia agrícola. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Irrigação e Drenagem, atuando principalmente nos seguintes temas: Irrigação, Hortaliças, Uso de efluente.

Manoel Francisco Gomes Filho: Bachelor Science, (Physic) from Universidade Católica de Pernambuco (1974), Master's at Meteorology from Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1979) and Doctorate at Natural Resources from Universidade Federal da Paraíba (2000). Has experience in Geosciences, focusing on Meteorology, acting on the following subjects: Dynamic Meteorology, Physical Oceanography, Climate changes and Applied Meteorology.

Maria da Conceição Patrício: Graduada em Geografia pela Universidade Estadual da Paraíba, Mestra e Doutoranda em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande.

Patrícia Ferreira da Silva: Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Alagoas (2011) e mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014). Atualmente doutoranda em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Irrigação e Drenagem, atuando principalmente nos seguintes temas: irrigação, condutividade elétrica, anacardium occidentale, lycopersicon esculentum mill e salinidade.

Rigoberto Moreira de Matos: Mestrando em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande/PB. Graduado no Curso Superior de Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Faculdade de Tecnologia CENTEC FATEC – Cariri, Juazeiro do Norte/CE. Possui Estágio Acadêmico Extracurricular, Carga horária (230 horas), no Laboratório de Análises Físico - Química de Água e Efluentes (LAAE), Atuando principalmente em análises de água para Irrigação, Piscicultura, Consumo Humano, Preparação de Reagentes Químicos e Coletas de Água e Efluentes, pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico. Monitor das Disciplinas de Mecanização Agrícola (40 h/a) Semestre Letivo 2012.2 e Manejo, Controle e Avaliação de Sistemas de Irrigação (80 h/a) Semestre Letivo 2013.1 sob Supervisão do Professor Dr. José Ivo Soares da Faculdade de Tecnologia CENTEC FATEC – Cariri. Atualmente desenvolve pesquisas ligadas ao Manejo de água e solo, com ênfase em manejo da Irrigação, através do Solo (Tensiometria) e Clima (Tanque Classe “A” (USWB), Dados Meteorológicos e Precipitação Pluviométrica), Balanço Hídrico Climatológico, Classificação Climática, Zoneamento Agroclimático, Aptidão de Culturas, Índices de Aridez, Umidade e Hídrico, Evaporação, Evapotranspiração, Evapopluiograma, Erosividade e Variabilidade climática. Além de pesquisas com Adubação (Química e Orgânica), Cultivo em Ambiente Protegido, Hortaliças com Ênfase em Tomate Tipo Cereja e Rabanete, Palma Forrageira, Sistemas de Irrigação Localizados e Reutilização de água residuária tratada na agricultura irrigada. Realizou Estágio Docência nas Disciplinas Culturas Irrigadas (45 h/a) e Sistematização de Terras Agrícolas (45 h/a) sob Supervisão do Professor Dr. Luciano Marcelo Falle Saboya da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande/PB.

Raimundo Mainar de Medeiros: Doutor em Meteorologia (2016) Universidade Federal de Campina Grande; Mestrado (1990) em Meteorologia Universidade Federal da Paraíba; Graduado em Meteorologia (1985) Universidade Federal da Paraíba; Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (2005) Universidade Federal do Piauí; Curso de especialização em Ciências Ambientais (2003), Universidade Federal do Piauí. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia Dinâmica e Sinótica, atuando principalmente nos seguintes temas: Vapor da água, água precipitável, divergência, interpretação de imagens de satélites, previsão de tempo. Exerceu na Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí, o Cargo de Gerente de hidrometeorologia, símbolo DAS-3, no período de 06 de outubro de 2003 a 31 de dezembro de 2010. Prestação de serviço na Secretaria do Desenvolvimento Rural - SDR, no Departamento de Hidrometeorologia, no período de 01 de janeiro de 1995 a 31 de dezembro de 1999. Estudos climatológicos para: Construções de pontes; barragens de pequeno, médio e grande porte; adutoras; floricultura; psicultura; apicultura; carcinicultura; olericultura; hortaliças; contenção de dunas; urbanização; reflorestamento; produção agrícola; posto de combustível; esgotamento sanitário; abastecimento; abatedouro; geração de Biodiesel; aeródromo; boletim agrometeorológico. Consulto da Agroconsult LTDA no período de 2002 a 2009; Elaboração de estudos climáticos para reflorestamento com Eucalyptus para a empresa SUSANO; Consultor da CONSPLAN no controle Ambiental das dunas da Lagoa do Portinho. Elaboração, diagnósticos e prognóstico do balanço hídrico normal; climatológico; decendial e diários. Classificação e Aptidão Agroclimática de Culturas. Assessoria e consultoria; Assessoria e consultoria ao I Workshop Internacional sobre a água no semiárido brasileiro, 2013; Assessoria e consultoria a Revista Pesquisa Agropecuária Tropical como consultor 'ad hoc', (2013).

Valneli da Silva Melo: Bacharel em Estatística - Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Curstando Licenciatura em Matemática - Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestranda em Meteorologia - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Tem experiência na área de análises estatística com uso de recursos computacionais como: Surfer-10, Excel, R e SPSS. Trabalhos com análise de regressão linear simples e múltipla e redes neurais, desenvolvendo estudo sobre análises de seca usando distribuição de probabilidade e análise multivariada para a região semiárida do Nordeste.

Victor Herbert de Alcântara Ribeiro: Graduando do curso de Agroecologia da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB. Bolsista do PIBIC CNPq Atualmente é bolsista do PIBIC trabalha com temas relacionados a Produção e Fenologia do Gergelim sob diferentes níveis de solução organomineral via fertirrigação, Biofertilizantes, Entomologia aplicada a áreas degradadas, Geotecnologias, Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto aplicados a região semiárida do Brasil.

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva: Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade do Vale do Acaraú-CE em 2010, Especialista em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB em 2013, Especialista em Geografia e Gestão Ambiental pela Universidade Integrada de Patos - FIP, 2012 - Mestre e Doutoranda em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Atualmente trabalha com temas vinculados a desertificação, restauração ecológica, recuperação de áreas degradadas, Geotecnologias, Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto e características climatológicas da região semiárida do Brasil.