

CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DA MICRORREGIÃO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO.

EBERSON PESSOA RIBEIRO¹

CAROLAYNE SILVA DE SOUZA.²

235

Resumo

O presente artigo objetivou analisar as características climáticas e classificar os tipos climáticos da microrregião de Vitória de Santo Antão-PE, empregando o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pelo método proposto por Thornthwaite-Mather (1955). Os dados médios mensais de precipitação da série histórica de 1950 a 2015 foram obtidos através da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC) e os dados médios de temperatura do ar por meio do Software *Estima_T*. Constatou-se que a microrregião de Vitória de Santo Antão apresenta irregularidades pluviométricas, bem como as estações bem definidas: um período seco e um chuvoso com variações de temperatura do ar entre 20°C a 24°C. Observou-se também a sazonalidade da ETP, ETR, DEF, EXC, parâmetros essenciais para a obtenção dos índices climáticos que permitiram realizar a classificação climática da área como sendo C1sA'a', C2sA'a' e o C2sB'4a'.

Palavras-chave: balanço hídrico climatológico; precipitação; temperatura do ar; índices climáticos.

CLIMATE CHARACTERIZATION AND CLASSIFICATION OF MICROREGION OF VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

Abstract

The present article aimed to analyze the climatic characteristics and to classify the climatic types of the Vitória de Santo Antão-PE microregion, employing the Climatological Water Balance (CWB) by the method proposed by Thornthwaite-Mather (1955). The monthly average precipitation data of the historical series of 1950 to 2015 were obtained through the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC) and the average air temperature data through *Estima_T* Software. It was verified that the microregion of Vitória de Santo Antão presents pluviometric irregularities, as well as well defined seasons: a dry period and a rainy season with variations of air temperature between 20°C and 24°C. It was

¹ Professor Efetivo do Instituto Federal de Pernambuco – IFPE. Doutor em Geografia pelo PPGGEO-UFPE. E-mail: eberson_pessoa@yahoo.com.br

²Graduanda em Geografia. Bolsista de Iniciação Científica (PIBIC-CNPQ)- IFPE. E-mail: carol.silva452@gmail.com

also observed the seasonality of PET, AET, WD, WS, essential parameters to obtain the climate indexes that allowed to realize the climatic classification of the area as being C1sA'a', C2sA'a' and C2sB'4a'.

Keywords: climatological water balance; precipitation; Air temperature; climate indexes.

CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE LA MICRORREGIÓN DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

Resumen

El presente artículo tiene el objetivo de analizar las características climáticas y clasificar los tipos climáticos de la microrregión de Vitória de Santo Antão-PE, empleando el Balance Hídrico Climatológico (BHC) por el método propuesto por Thornthwaite-Mather (1955). Los datos medios mensuales de precipitación de la serie histórica de 1950 a 2015 se obtuvieron a través de la Agencia Pernambucana de Aguas y Climas (APAC) y los datos medios de temperatura del aire a través del Software Estima_T. Se constató que la microrregión de Vitória de Santo Antão presenta irregularidades pluviométricas, así como las estaciones bien definidas: un período seco y un lluvioso con variaciones de temperatura del aire entre 20°C a 24°C. Se observó también la estacionalidad de ETP, ETR, DEF, EXC, parámetros esenciales para la obtención de los índices climáticos que permitieron realizar la clasificación climática del área como siendo C1sA'a', C2sA'a' y el C2sB'4a'.

Palabras clave: balance hídrico climatológico; precipitación; temperatura del aire; índices climáticos.

Introdução

O Nordeste do Brasil (NEB) apresenta grande diversidade de climas devido aos diversos sistemas atmosféricos responsáveis pela distribuição das chuvas na região, bem como pela variabilidade interanual e intrassazonal. De tal modo, o monitoramento de períodos chuvosos e secos e da variabilidade espaço-temporal da precipitação é essencial para a gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas, como, por exemplo, no NEB. Assim, “é de capital importância dispor-se de instrumental prático de auxílio à tomada de decisões, notadamente nos períodos de secas” (FREITAS, 2005, p. 84).

O estudo do comportamento da precipitação pluviométrica – como as quantidades relativas, o regime sazonal e as intensidades das chuvas (volume/duração) – afeta direta

ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente. De acordo com o que foi exposto, o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) é utilizado como uma ferramenta que determina o regime hídrico de um local, sem a necessidade de medidas diretas das condições do solo, utilizando as informações de precipitação total mensal (mm), evapotranspiração potencial total mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) de uma região, possibilitando uma visão geral dos ganhos, perdas e armazenamento da água pelo solo, além de possibilitar a representação da variabilidade espacial e temporal do regime hídrico (MONTEIRO *et al.*, 2011).

Diversos estudos (SOUZA *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2014; SILVA; MOURA; KLAR, 2014; RIBEIRO, 2016) de verificação do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pelo método de Thornthwaite-Mather (1955) foram realizados para as mais variadas finalidades, como a caracterização regional da disponibilidade hídrica, zoneamento agroclimático, definição de períodos de secas e da aptidão hídrica regional para culturas agrícolas, além de planejamento de pesquisa. Isso se deve por causa das variáveis que seu cálculo fornece, como a estimativa da evapotranspiração potencial e real, da capacidade de armazenamento de água no solo, bem como do excedente e da deficiência hídrica.

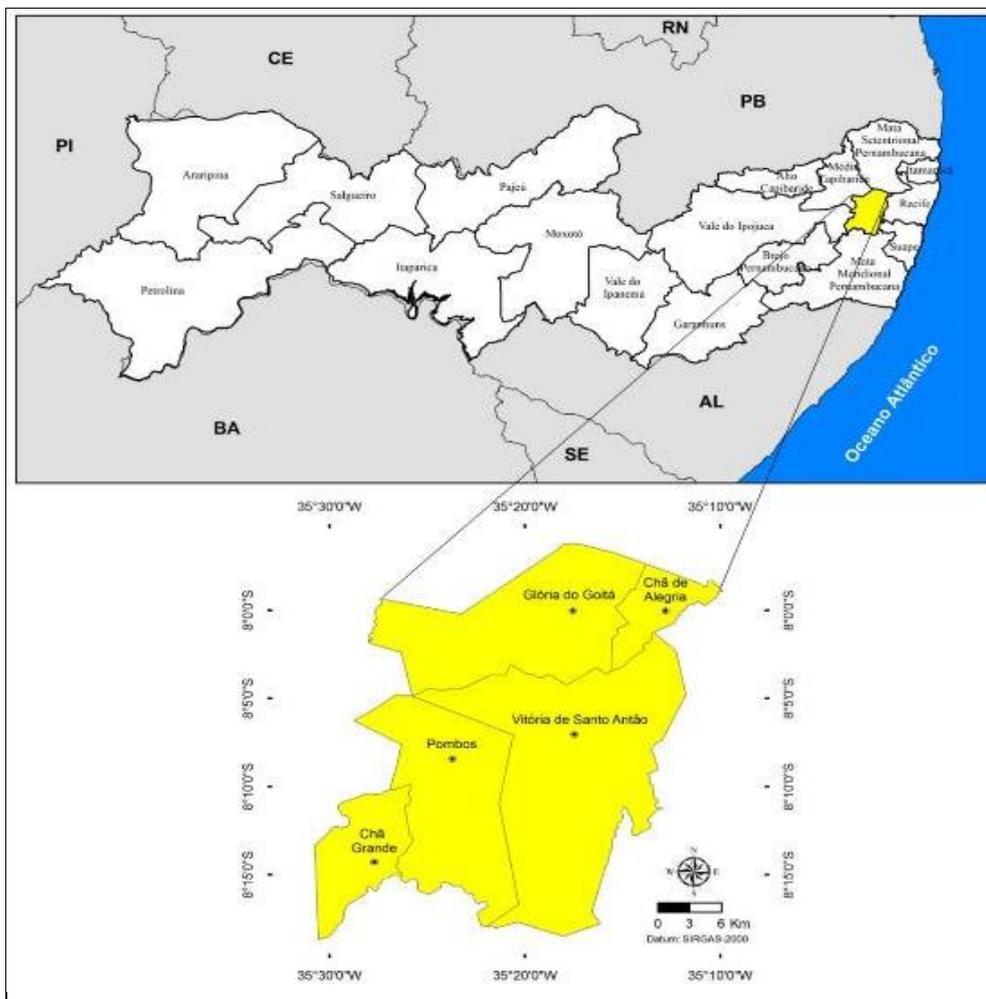
O balanço hídrico funciona como uma primeira avaliação de uma determinada região, para conhecer os excedentes e os déficits hídricos do solo, permitindo o mapeamento da área quanto aos tipos climáticos, além de identificar em que local as culturas podem ser exploradas com maior eficiência (BARBIERI *et al.*, 2016). Assim, objetivou-se analisar as características climáticas e classificar os tipos climáticos da microrregião de Vitória de Santo Antão-PE, empregando o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pelo método proposto por Thornthwaite-Mather (1955).

Metodologia

A área em que se realizou a pesquisa foi a microrregião de Vitória de Santo Antão, que está localizada no centro da Mesorregião da Mata de Pernambuco, composta pelos

municípios de Chã de Alegria, Glória do Goitá, Vitória de Santo Antão, Pombos e Chã Grande (Figura 1).

Os elementos de precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram a base climatológica para a elaboração dos parâmetros pesquisados. Dessa forma, utilizou-se os valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1950 a 2015, medidos de 5 estações distribuídas na microrregião. Os dados foram obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac). Já para a obtenção dos dados médios mensais de temperatura do ar das 5 estações pluviométricas foi empregado o *software Estima_T*, que estima temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil por meio de regressões múltiplas em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006)



Fonte:

Autores.

Figura 1 – Mapa da localização da microrregião de Vitória de Santo Antão

Já o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi realizado pelo método de Thornthwaite-Mather (1955), no qual adotou-se a capacidade de água disponível no solo (CAD) estimada em 100 mm para todos os meses do ano. O BHC utilizou como dados de entrada as médias mensais da temperatura do ar, da precipitação e da evapotranspiração potencial. A estimativa da evapotranspiração potencial corrigida consistiu no cálculo da equação pelo método de Thornthwaite (1948): $ETP = f \cdot 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$, em que: ETP é a evapotranspiração potencial corrigida; f é o fator de correção em função da latitude e mês do ano; t é a temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$); I é o índice de calor anual; e " a " uma constante que varia de local para local. O índice de calor anual foi obtido pela equação: Sendo " a " uma função de I ; também é um índice térmico regional calculado pela equação: $a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7292 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239$.

Para obtenção do BHC através do método proposto por Thornthwaite-Mather (1955) e da evapotranspiração potencial corrigida, foram realizadas as seguintes etapas. Inicialmente, foi calculada a estimativa do armazenamento de água no solo (ARM) através dos critérios das Equações 1 e 2 para as estações secas e para as estações chuvosas pela Equação 3; neste último caso o ARM será expressado pelo o primeiro cálculo:

$$\text{Se } \text{NegAc} = 0 \quad \text{ARM} = \text{CAD} \quad (1)$$

$$\text{Se } \text{NegAc} < 0 \quad \text{ARM} = \text{CAD} \cdot e^{[\text{NegAc}/\text{CAD}]} \quad (2)$$

$$\text{ARM}_m = \text{ARM}_{m-1} + (-\text{ETP})_m \quad (3)$$

sendo: " m " referente ao mês analisado; $P - \text{ETP}$ é a diferença entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (ETP); NegAc é o parâmetro negativo acumulado, o qual será avaliado pelas Equações 4 e 5 para estações secas e pela Equação 6 para as estações chuvosas:

$$\text{Se } P - \text{ETP} \geq 0 \quad \text{NegAc} = 0 \quad (4)$$

$$\text{Se } P - \text{ETP} < 0 \quad \text{NegAc} = \text{NegAc}_{m-1} + (P - \text{ETP}) \quad (5)$$

$$\text{NegAc} = \text{CAD} \ln \left(\frac{\text{ARM}}{\text{CAD}} \right) \quad (6).$$

Em seguida, avaliou-se a evapotranspiração real (ETR) pelas Equações 7 e 8:

$$\text{Se } (P-ETP) \geq 0 \quad ETR=ETP \quad (7)$$

$$\text{Se } (P-ETP) < 0 \quad ETR=P-ALT \quad (8).$$

A alteração da umidade do solo (ALT) foi estimada pela equação: $ALT = ARM_M - ARM_{M-1}$. A partir desses dados, se avaliou a deficiência hídrica (DEF) pela diferença entre evapotranspiração potencial (ETP) menos a evapotranspiração real (ETR). Enquanto que para o excedente hídrico (EXC) foi empregado o cômputo $EXC = (P - ETP) - ALT$ apenas para os valores positivos, em que $(P - ETP) > 0$ e $ARM = CAD$. Já quando o valor se apresentou negativo, foi aplicada a importância zero. Por fim, avaliou-se a estimativa de reposição (R) por meio das Equações 9 e 10:

$$\text{Se } ALT \leq 0 \quad R=ETR \quad (9)$$

$$\text{Se } ALT > 0 \quad R=ETR+ALT \quad (10).$$

A classificação climática foi realizada pelo método proposto por Thornthwaite-Mather (1955) da microrregião por meio dos índices climáticos: de umidade, aridez e hídrico. Esses índices têm como finalidade a caracterização climática. O Índice de umidade (Iu) representa o excedente hídrico (EXC) expresso em porcentagem da necessidade, que é representada pela evapotranspiração potencial, adquirida pela Equação 11:

$$Iu = (EXC/ETP)100 \quad (11).$$

O Índice de aridez (Ia) caracteriza-se por expressar a deficiência hídrica (DEF) em porcentagem da necessidade, que é representada pela evapotranspiração potencial (ETP). Assim, esse índice é alcançado pela Equação 12:

$$Ia = (DEF/ETP)100 \quad (12).$$

Expresso em porcentagem, o Índice hídrico (Ih), também chamado de Índice Efetivo de Umidade (Im), é a relação entre os índices de aridez e de umidade, definido pela Equação 13:

$$Ih = Iu - Ia \quad (13).$$

Calculados esses índices, pode-se realizar a caracterização climática. A partir do índice hídrico, identificou-se o tipo climático (Tabela 1); na sequência, os seus subtipos climáticos, com base nos índices de aridez e hídrico (Tabela 2) e as variações térmicas (índice térmico) e das

evapotranspirações potenciais (ETP) anual e de verão (Tabela 3); nesta última tabela, a classificação é realizada basicamente pela ETP anual e pela porcentagem da ETP de verão.

Tabela 1 – Classificação climática de Thornthwaite-Mather (1955) baseado no índice de hídrico

Tipos climáticos		Índice hídrico (Ih)
A	Superúmido	$100 \leq I_h$
B ₄	Úmido	$80 \leq I_h < 100$
B ₃	Úmido	$60 \leq I_h < 80$
B ₂	Úmido	$40 \leq I_h < 60$
B ₁	Úmido	$20 \leq I_h < 40$
C ₂	Subúmido	$0 \leq I_h < 20$
C ₁	Subúmido seco	$-33,3 \leq I_h < 0$
D	Semiárido	$-66,7 \leq I_h < -33,3$
E	Árido	$-100 \leq I_h < -66,7$

Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2013).

Tabela 2– Subtipos climáticos de Thornthwaite-Mather (1955) baseados nos índices de aridez e hídrico

Climas úmidos (A, B ₄ , B ₃ , B ₂ , B ₁ e C ₂)		(Ia)	Climas secos (C ₁ , D e E)		(Iu)
R	pequena ou nenhuma deficiência hídrica	0 – 16,7	d	pequeno ou nenhum excesso hídrico	0 – 10
S	moderada deficiência no verão	16,7 – 33,3	s	moderado excesso no inverno	10 -20
W	moderada deficiência no inverno	16,7 – 33,3	w	moderado excesso no verão	10 -20
s ₂	grande deficiência no verão	> 33,3	s ₂	grande excesso no inverno	> 20
w ₂	grande deficiência no inverno	> 33,3	w ₂	grande excesso no verão	> 20

Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2013).

Tabela 3 – Subtipos climáticos de Thornthwaite-Mather (1955) baseados no índice térmico anual e na evapotranspiração potencial (ETP) e suas concentrações de ETP verão

Tipos climáticos		Índice térmico (It) (ETP anual)	Subtipo climático	Concentração da ETP no verão (%)
A'	Megatérmico	≥ 1140	a'	< 48,0
B' ₄	Mesotérmico	997 – 1140	b' ₄	48 – 51,9
B' ₃	Mesotérmico	855 – 997	b' ₃	51,9 – 56,3
B' ₂	Mesotérmico	712 – 855	b' ₂	56,3 – 61,6
B' ₁	Mesotérmico	570 – 712	b' ₁	61,6 – 68,0
C' ₂	Microtérmico	427 – 570	c' ₂	68,0 – 76,3
C' ₁	Microtérmico	285 – 427	c' ₁	76,3 – 88,0
D'	Tundra	142 – 285	d'	> 88,0
E'	Gelo perpétuo	< 142		

Fonte: Adaptado de Souza *et al.* (2013).

Neste sistema de classificação climática, destaca-se o índice hídrico, pois os índices de umidade e aridez são combinados, ao passo que o excesso de umidade em um período pode compensar a falta em outro; empiricamente, parte-se de que 6mm de excesso em uma estação podem compensar 10mm de transpiração reduzida em outra. Os limites do I_h são racionais, isso porque a umidade compensa todas as necessidades de água para o primeiro índice e a falta chega a 100% das necessidades no segundo (afetado por 0,6 no I_h). Dessa maneira, o 0 marca o limite entre o excesso e a falta de água.

Concluídas essas etapas, foi realizada a representação espacial dos parâmetros analisados por meio do método de krigagem (método da interpolação). De tal maneira, a produção das cartas temáticas foi executada através do *software ArcGis 10.3*, licenciado para o Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (DCG/UFPE), projetadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS-2000).

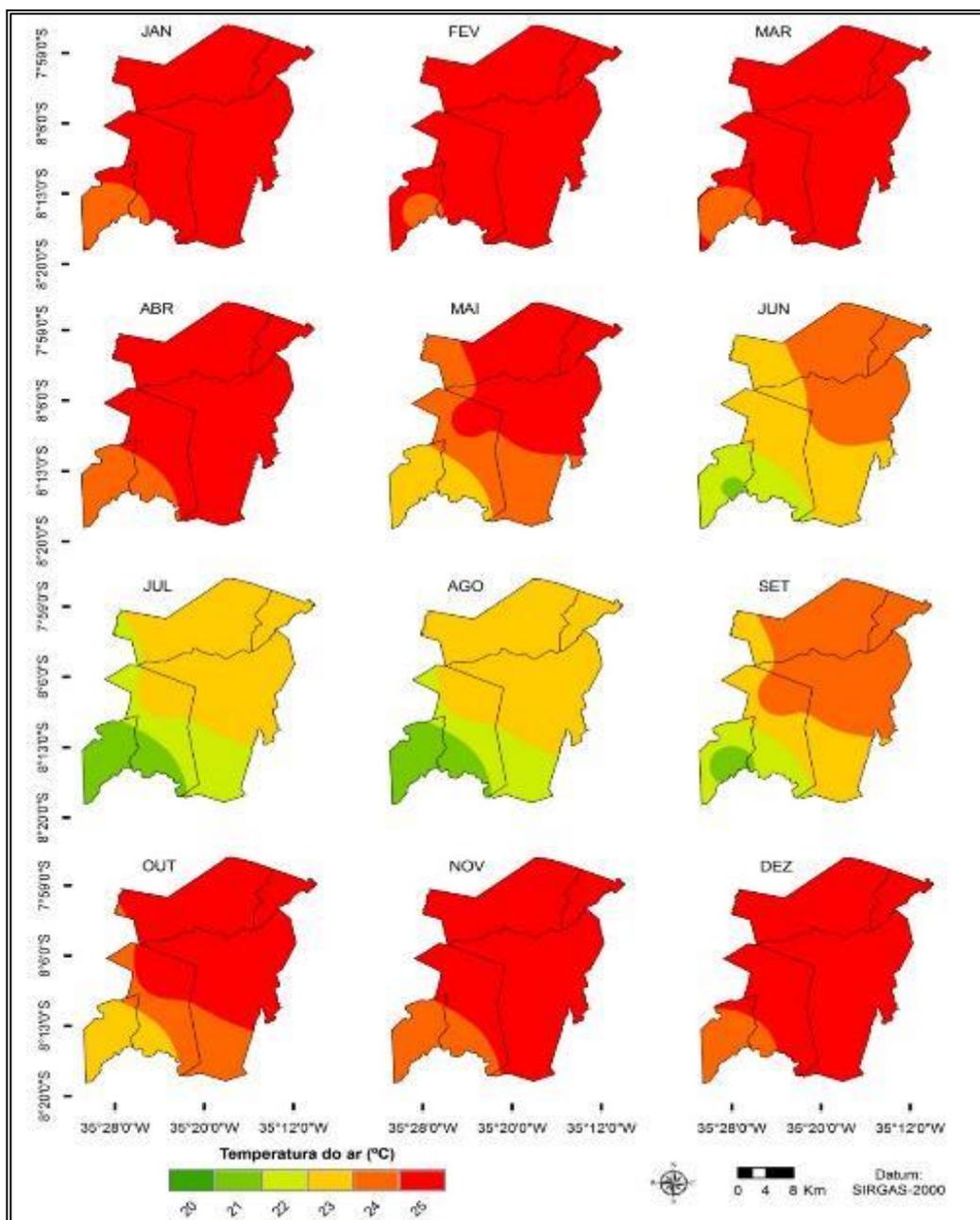
Resultados e discussões

Através dos dados de precipitação (P), temperatura do ar (T), evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR), déficit hídrico (DEF), excedente hídrico (EXC), reposição hídrica (R), índice úmido (I_u) e índice de aridez (I_a), extraídos do modelo de balanço hídrico proposto por Thornthwaite-Mather (1955), possibilitou-se analisar a dinâmica espacial desses elementos e as principais características climáticas da microrregião de Vitória de Santo Antão.

A espacialização da temperatura do ar está representada na Figura 2, em que é possível observar que os valores da temperatura do ar tendem a ser mais elevados no período de outubro a maio, com média superior a 24°C; nos meses de outubro e maio, na porção sudoeste, a temperatura fica em torno dos 23°C. Nos meses de junho, julho e agosto, há uma redução apresentando valores entre 20° e 23°C, sendo a porção sudoeste de menor temperatura e a porção nordeste apresenta 24°C mensal. Em setembro, predomina 24°C, diminuindo gradualmente no sentido sudoeste.

Tais variações se devem ao potencial energético da região, de acordo com as estações do ano, como explicam Medeiros et al. (2015) ao afirmarem que as maiores médias

térmicas de temperatura do ar na superfície ocorrem durante o verão, e as menores, durante o inverno, mesmo as que se encontram em baixas latitudes.



Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

Figura 2 – Mapas da temperatura do ar mensal da microrregião de Vitória de Santo Antão

Na Figura 2, a temperatura diminui gradativamente na direção sudoeste, para quase todos os meses do ano. Esse comportamento pode ser justificado pelo aumento brusco

da altitude, entre 400m e 600m, e pela presença dos primeiros contrafortes da escarpa do planalto da Borborema, destacando-se o município de Pombos e Chã Grande com picos de 700m de altitude.

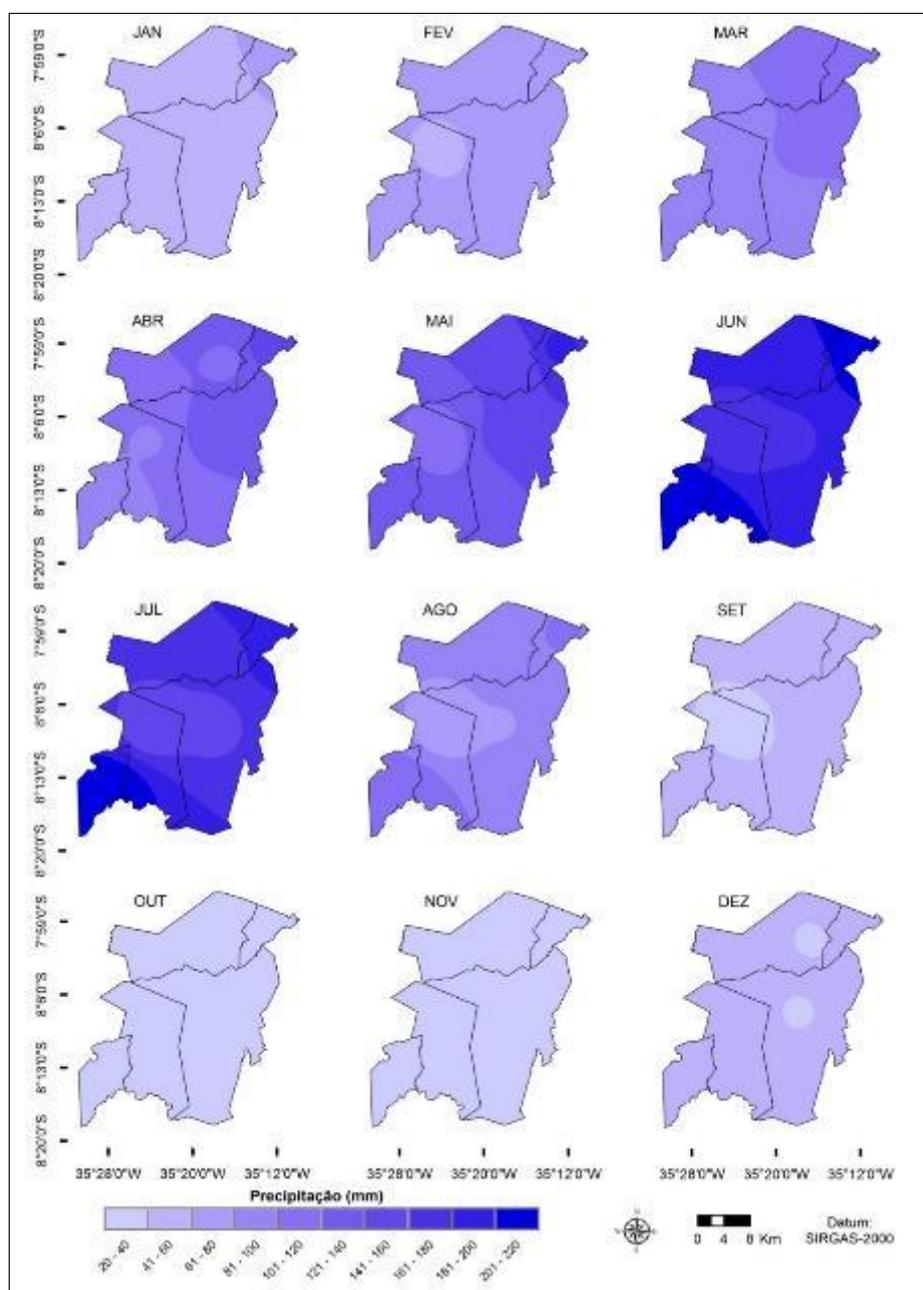
Fritzsons; Mantovani; Aguiar (2008) explicam que a temperatura do ar sofre influência de fatores como altitude e latitude e tendem a decrescer com o aumento da altitude, na proporção de 1°C a cada 100m (gradiente térmico vertical médio), em decorrência do processo de ascensão da massa de ar seco sujeita a um sistema de baixa pressão, que resulta no aumento do seu volume, diminuindo a temperatura do ar. Ometto (1981) afirma que na região dos trópicos a diferença de temperatura em pequenas distâncias ocorrem devido à variação de altitude e nebulosidade e não da latitude, havendo também variações térmicas entre locais de barlavento e sotavento de uma montanha.

A representação espacial mensal de precipitação (Figura 3) evidenciou uma redução do volume de chuva nos meses de setembro a fevereiro, com taxas inferiores a 100 mm, retomando o crescimento no período de março a agosto, tendo os maiores índices mensais de precipitação em junho e julho, atingindo valores de até 220mm. Os fatores para tal comportamento pluviométrico estão associados às condições de dois sistemas principais: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs).

A ZCIT pode ser definida como um conjunto de nuvens que circundam a faixa equatorial do globo terrestre, formada a partir da confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul (FERREIRA; MELLO, 2005). Esse fenômeno atmosférico é, por consenso, determinante na produção de chuva para o Nordeste do Brasil e sua movimentação em torno de 2º a 4º de latitude sul nos meses de março e abril provoca grandes volumes de chuva para essa região, no mesmo período (MOLION; OLIVEIRA, 2002).

Ribeiro; Nóbrega; Mota-Filho (2015) e Ribeiro (2016), também explicam que esse comportamento das chuvas ocorre devido à alta disponibilidade energética do Nordeste do Brasil (NEB), pela movimentação de proximidade e afastamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelo Dipolo do Atlântico. A dinâmica de movimentação da ZCIT também influencia nos períodos em que temos baixos índices pluviométricos no NEB.

Segundo Nobre et al. (1989), quando a ZCIT está mais ao norte em relação a sua média climatológica e há a ocorrência de “saltos” a tendência é a redução das chuvas na região.

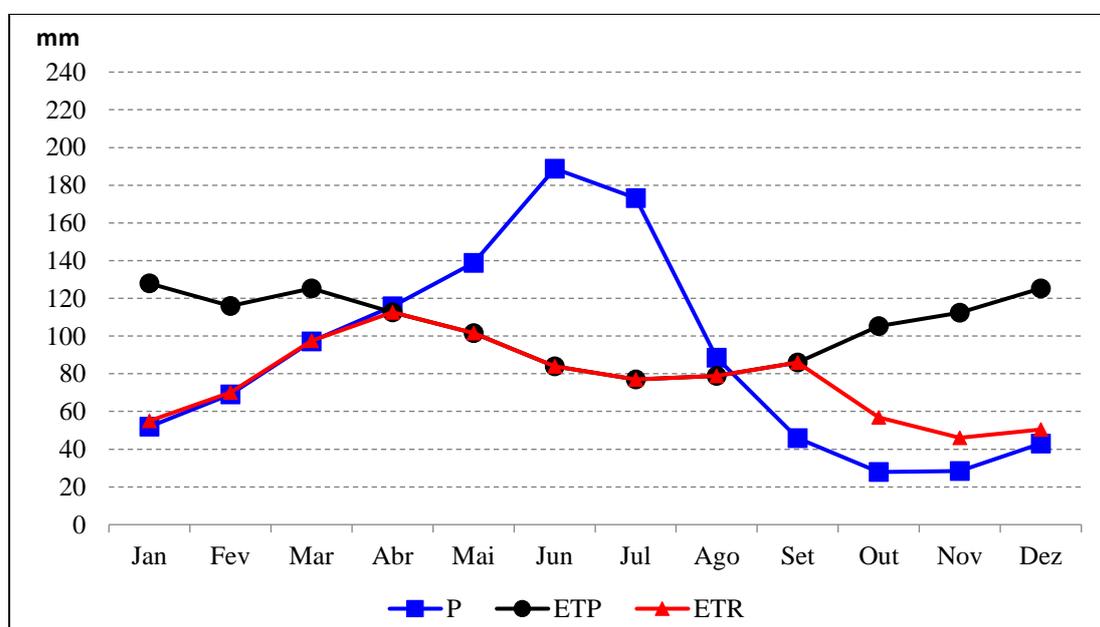


Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

Figura 3 – Mapas da precipitação mensal da microrregião de Vitória de Santo Antão

Assim como a ZCIT, os DOLs também possuem grande influência no aumento de chuvas para a região estudada. Esse fenômeno é caracterizado como ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na região de influência dos ventos alísios, deslocando-se de oeste para leste (FERREIRA; MELLO, 2005). Coutinho; Fisch (2007) acrescentam que os DOLs são importantes por provocarem alterações das condições sinóticas no componente meridional do vento, tendo como consequência uma umidificação da camada, aumento de nebulosidade e precipitação. As chuvas provocadas por esse fenômeno atmosférico atingem principalmente a Zona da Mata do Nordeste do Brasil, além de serem o tipo de distúrbio mais comum do regime dos ventos alísios (HASTENRATH,1988).

Na Figura 4, estão representadas as variáveis de precipitação, ETP e ETR, nas quais se pode observar que a ETP atingiu os maiores valores nos meses de outubro (105,2mm) e março (125,2mm). No período das mínimas, entre abril e setembro, o menor valor observado corresponde a julho (77mm). Nota-se que os maiores índices de ETP encontram-se nos meses que possuem alto potencial energético. Camargo; Camargo (2000) explicam que a ETP é mais elevada no verão devido à maior incidência da radiação solar.



Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

Figura 4 – Gráfico do balanço hídrico normal mensal

A ETR, assim como a ETP, apresentou pequenas oscilações ao longo do ano, tendo sua máxima em abril, com 112,6 mm, e a menor taxa em novembro (46,1 mm) e dezembro (50,4mm), meses com valores de precipitação correspondentes a 28,5 mm e 42,9 mm, respectivamente. Em julho, mês com o maior índice pluviométrico, a ETR é igual à ETP. Segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), a ETR pode alcançar valores iguais à ETP em condições ideais de disponibilidade de água no solo, à medida em que a umidade do solo diminui; não sendo mais possível manter a evapotranspiração nas condições máximas, a ETR passa a apresentar valores menores que a ETP, indicando condições de deficiência hídrica.

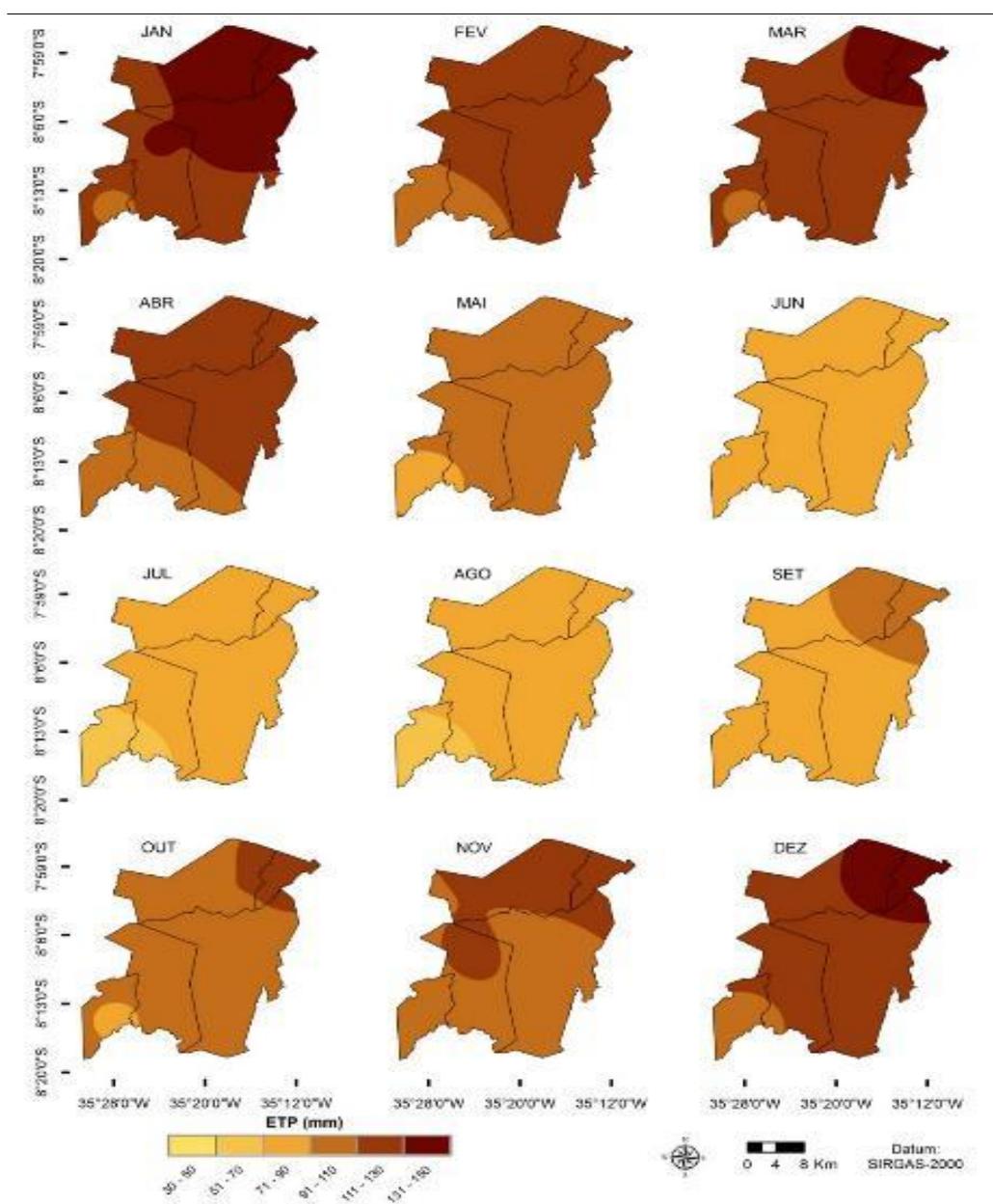
Na Figura 5, foi observado que a ETP apresenta elevados índices entre os meses de outubro a abril, com valores superiores a 110mm. Já nos meses de maio a setembro, a ETP expressou os menores índices, destacando-se os meses de junho a agosto, que apresentaram, em todo o recorte estudado, taxas inferiores a 70mm. Os índices evaporativos em uma determinada área são resultantes da atuação de dois fatores principais: a disponibilidade de umidade e a capacidade da atmosfera em vaporizar a água, remover e transportar o vapor para cima (AYOADE, 2001). Segundo Carvalho et al (2016), temperaturas elevadas influenciam na intensidade da evaporação através da saturação do ar.

Sendo assim, tendo em vista que a ETP depende da disponibilidade energética para atingir seus maiores índices, as variações que ocorrem durante o ano correspondem a dois períodos definidos: os que possuem altas temperaturas e os que possuem temperaturas amenas, meses representados pelo mapa da Figura 2. Destaca-se ainda que os valores de ETP decrescem no sentido sudoeste devido à configuração do relevo na região, onde se encontram os primeiros contrafortes da escarpa do planalto da Borborema, aumentando bruscamente a altitude, o que provoca a diminuição da temperatura do ar.

Na espacialização mensal da ETR (Figura 6), verifica-se que os menores índices correspondem ao período de outubro a fevereiro, com valores iguais e inferiores aos da classe de 71-90mm. No período de março a setembro, a ETR apresentou seus maiores índices, com destaque para os meses de março, abril e maio, com valores entre as classes de 91-110mm e 131-150mm. A

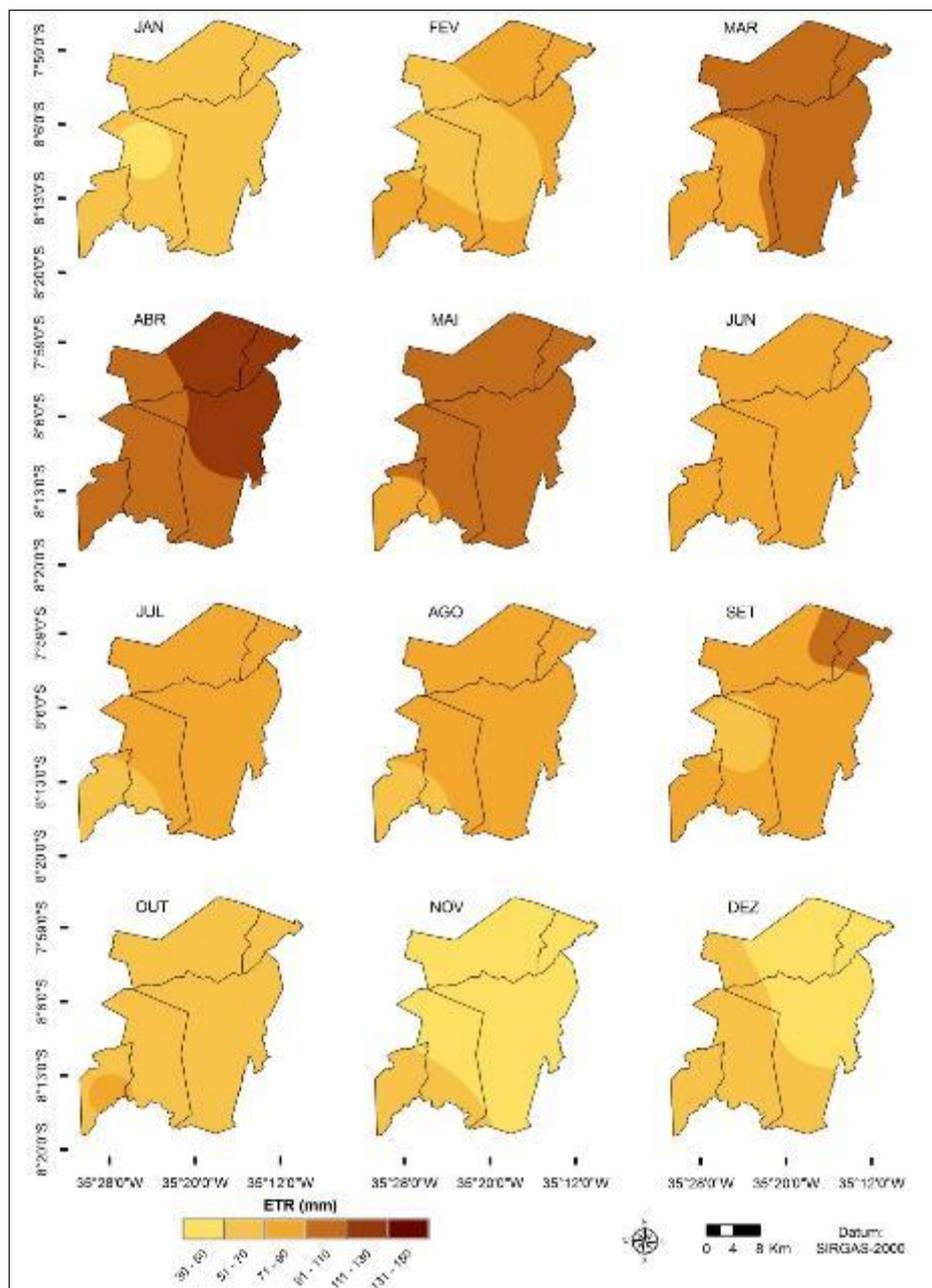
alteração entres os valores máximos e mínimos da ETR, ao longo do ano, têm como fatores: a disponibilidade hídrica do solo e a elevação da temperatura.

Para os períodos em que se tem o solo bem abastecido com água, a ETR se mantém elevada; já para os períodos mais secos, consequentemente mais quentes, a ETR não consegue manter a evapotranspiração nas condições máximas, havendo redução em seus índices, indicando déficit hídrico no solo, como mencionado anteriormente por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002).



Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

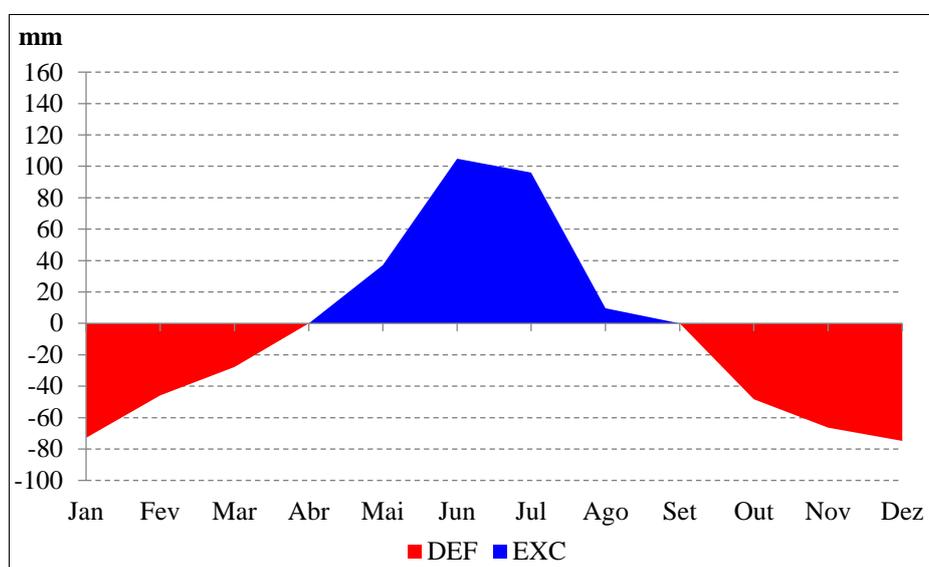
Figura 5 – Mapas da evapotranspiração potencial mensal da microrregião de Vitória de Santo Antão



Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

Figura 6 – Mapas da evapotranspiração real mensal da microrregião de Vitória de Santo Antão

Na Figura 7, estão representadas a deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC) no solo da série histórica analisada para a microrregião de Vitória de Santo Antão. Nota-se que a DEF ocorre entre setembro e março, meses nos quais apresentaram os menores índices pluviométricos, demonstrando que a quantidade de chuva, ocorridas nesses meses, foi insuficiente para a reposição da umidade do solo, impossibilitando que o solo atinja sua capacidade máxima de armazenar água (CAD). Dentre os meses de maiores deficiências, estão dezembro e janeiro, com -74,8 mm e -72,9mm, respectivamente.



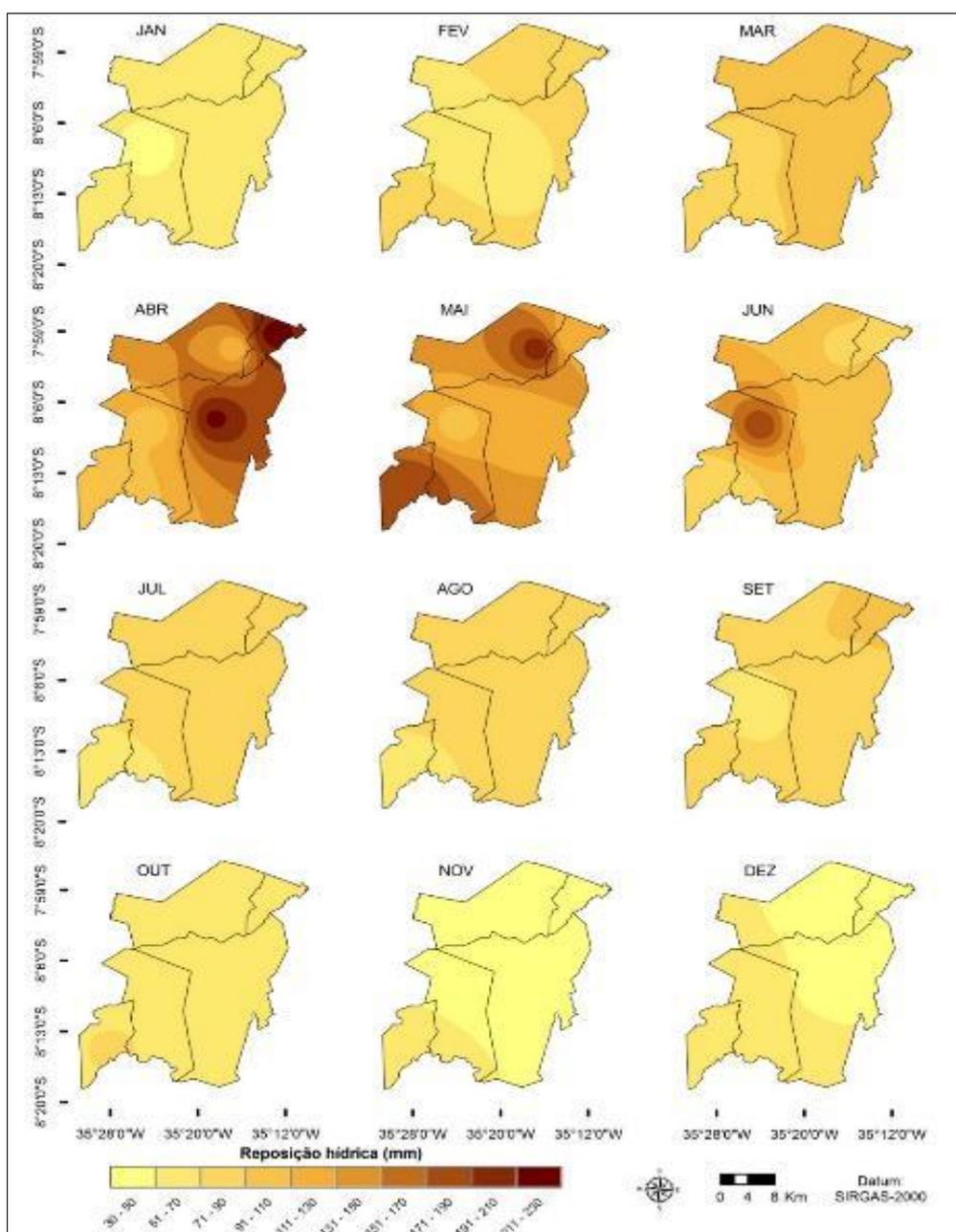
Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

Figura 7 – Gráfico de deficiência e excedente hídrico da série histórica analisada

Já o EXC limitou-se aos meses de abril a agosto. Nesse período, o mês mais chuvoso foi junho, atingindo índice pluviométrico de 188,8mm. Para o EXC, os meses junho e julho foram os que obtiveram os valores mais elevados, sendo 104,9mm e 96,1mm. O comportamento do EXC e do DEF se dá devido às oscilações de precipitação e temperatura que ocorrem ao longo do ano. Para os períodos chuvosos, tem-se o *input* hídrico no solo superior ao *output*. Para os períodos secos, ocorre o inverso, caracterizado ainda pelas oscilações térmicas que irão determinar as taxas evaporativas para cada período. De acordo com Camargo (1971), para avaliar se uma região possui deficiência ou excesso de água durante o ano, deve-se considerar

dois elementos: a precipitação, responsável pelo aumento da umidade do solo, e a evapotranspiração, responsável pela perda de umidade no solo.

O mapa da reposição hídrica mensal (R), representada pela Figura 8, expressa valores mais elevados nos meses de abril a junho, e os menores índices apresentam valores inferiores a 130 mm para o período de julho a março.



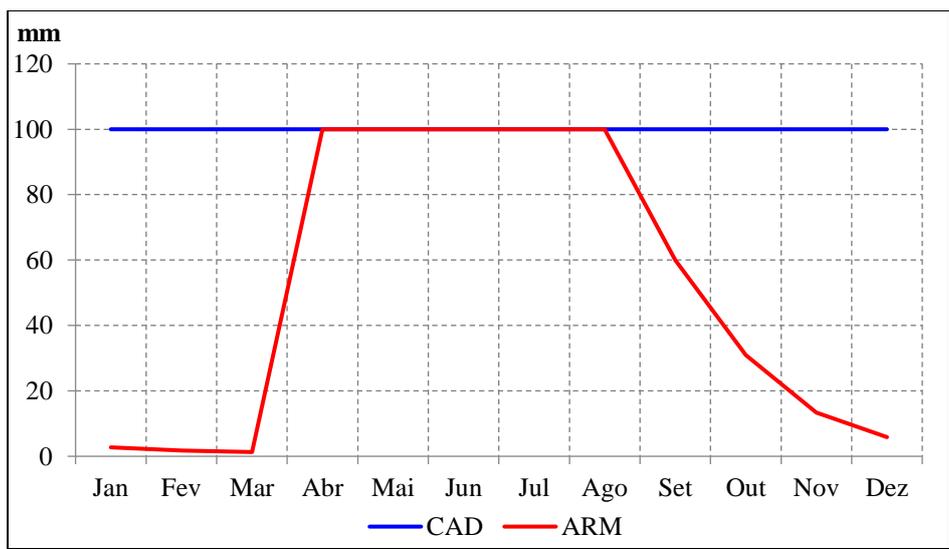
Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

Figura 8 – Mapas da reposição hídrica mensal da microrregião de Vitória de Santo Antão

A dinâmica da R é influenciada pela quantidade de água no solo proveniente da precipitação. No período do ano que possui os maiores volumes de chuva, o solo encontra-se em processo de reposição hídrica, com níveis mais elevados. Para os períodos em que as chuvas se apresentam mais escassas, há um decréscimo da R, pois a perda de água do solo para a atmosfera, através da evapotranspiração, é superior ao ganho de água por meio da precipitação.

Para Rossato (2001), o aumento da reserva hídrica no solo na região leste do Nordeste brasileiro (mesorregião da Zona da Mata) é consequência do período chuvoso que ocorre nos meses de abril a julho (quadra chuvosa), devido à dinâmica climática explicada anteriormente. Enquanto que, no restante do ano, a umidade do solo diminui devido à redução da precipitação e o aumento da evaporação, atingindo em algumas áreas índices de umidade do solo inferiores a 10%, por causa da elevação dos níveis energéticos provenientes do sol.

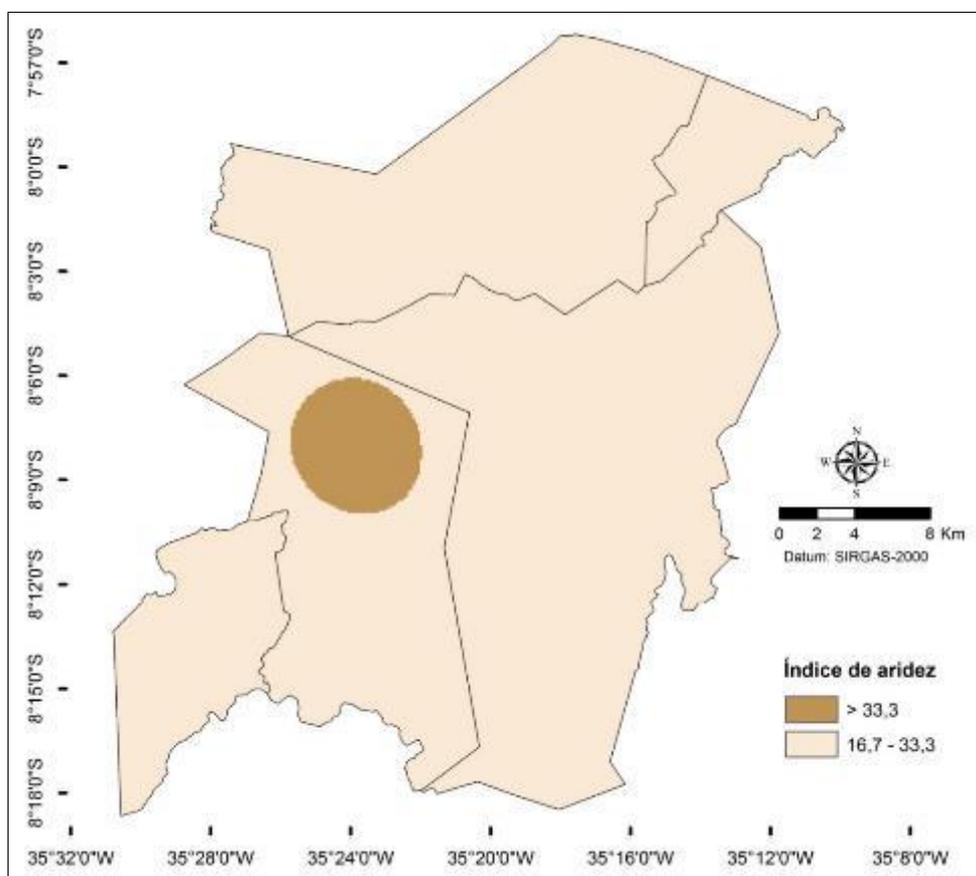
Na Figura 9, está exposta a capacidade de armazenamento de água no solo (CAD), cujo o valor adotado para o presente estudo foi de 100mm, e armazenamento (ARM). Observa-se que a capacidade máxima de armazenamento corresponde aos meses abril e agosto, coadunando com a Figura 8. Assim, nesse período em que ARM é igual a CAD, não se faz necessária a irrigação nos principais cultivos da microrregião.



Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

Figura 9 – Gráfico da capacidade de armazenamento (CAD) e armazenamento (ARM) mensal

Na Figura 10, tem-se a representação espacial anual do índice de aridez para microrregião de Vitória de Santo Antão. A maior parte da área pesquisada apresenta deficiência moderada das chuvas no verão, com classe de 16,7 - 33,3, sendo apenas o norte da região de Pombos com grande deficiência, apresentando índice superior a 33,3; isso ocorre devido aos menores índices pluviométricos (< 950 mm) nesta localidade, o que pode ser justificado pela sua localização geográfica, onde os principais sistemas atuantes, a ZCIT e os DOLS, chegam enfraquecidos, dificultando a formação de chuvas. Além do fator pluviométrico, os elevados valores de evapotranspiração também influenciam no la.



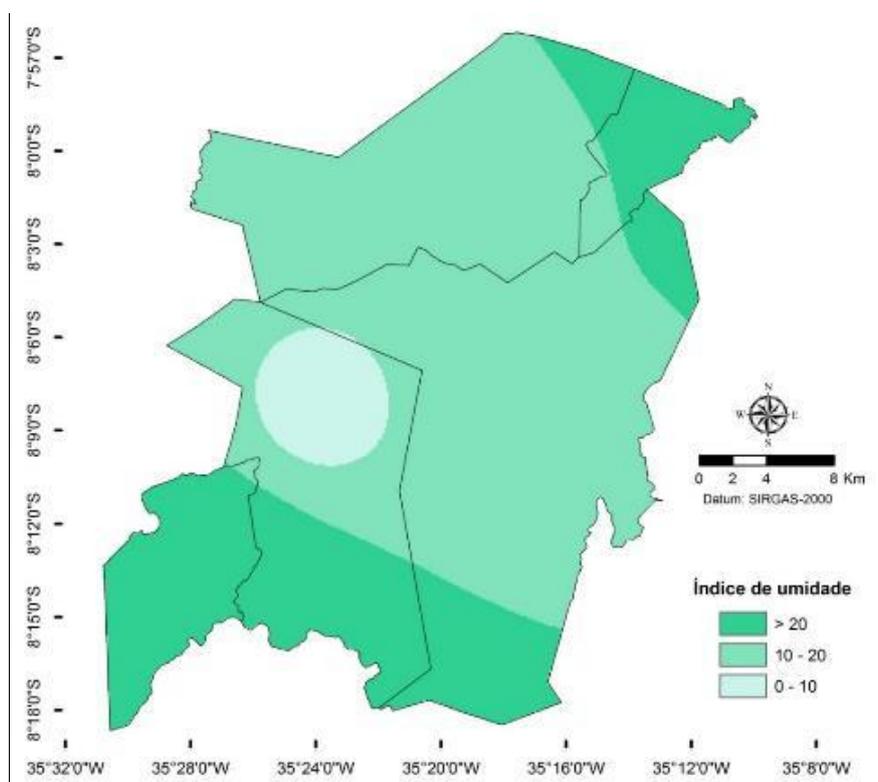
Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

Figura 10 – Mapa do índice de aridez da microrregião de Vitória de Santo Antão

Silva et al. (2010) explicam que a irregularidade pluviométrica e os altos índices térmicos ocasionam elevadas taxas de evaporação e evapotranspiração, as quais reduzem as

taxas de armazenamento e umidade do solo, resultando no aumento da escassez hídrica. Fernandes et al. (2009) acrescentam que o índice de aridez depende do volume de água oriundo da precipitação e da perda de água por meio da evaporação, transpiração ou evapotranspiração potencial. O índice de aridez foi necessário para se classificar o clima da microrregião pelo Thornthwaite-Matter (1955).

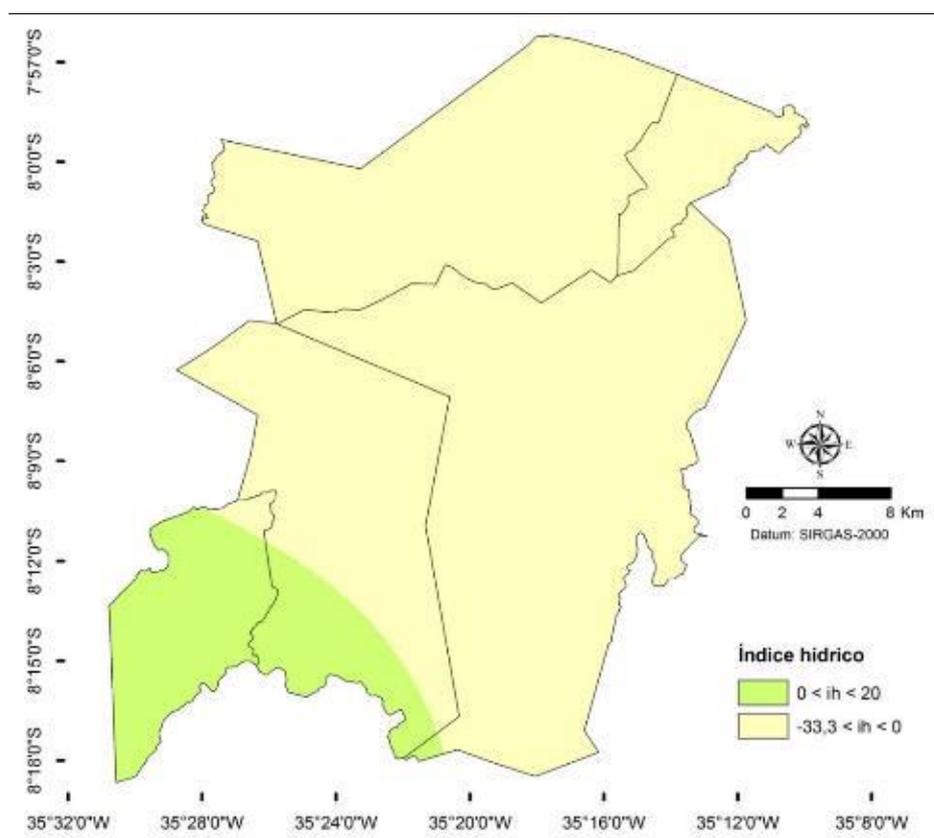
Na espacialização anual do índice de umidade (lu) representada pela Figura 11 observa-se que os maiores valores do lu (> 20) encontram-se nas regiões nordeste, sul e sudoeste da microrregião, com grande excesso; já na porção central da microrregião, o lu apresenta valores moderados (10-20). Na porção norte do município de Pombos, encontra-se o menor índice (inferior a 10), distinguindo-o como pequeno ou nenhum excesso hídrico. Tal comportamento do lu ocorre, principalmente, devido à distribuição pluviométrica. Para os municípios que apresentam maior regime pluviométrico anual, tem-se os maiores índices de umidade, ocorrendo o inverso para aqueles que apresentam os menores valores de precipitação. Além disso, ocorre pequena variação por causa da sazonalidade.



Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

Figura 11 – Mapa do índice de umidade da microrregião de Vitória de Santo Antão

No mapa da Figura 12, está representada a espacialização anual do índice hídrico (Ih), que, de acordo com Francisco et al. (2015), é uma função dos índices de aridez e de úmido. Assim, conforme a classificação climática de Thornthwaite-Mather (1955), percebe-se que os maiores índices estão restritos à região sudoeste, como tipo climático Subúmido (C_2), enquanto que os menores índices representam a maior parte do recorte estudado como tipo climático Subúmido seco (C_1).

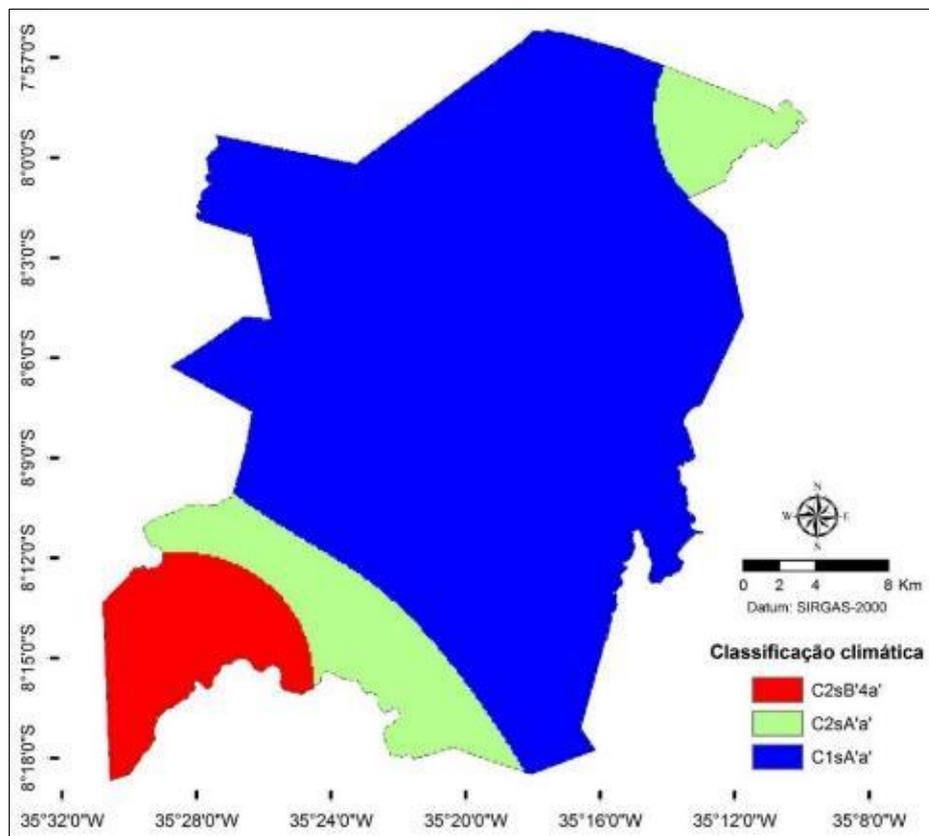


Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2018).

Figura 12 – Mapa do índice hídrico da microrregião de Vitória de Santo Antão

Com os dados dos índices climáticos, índice térmico anual (ETP anual) e ETP no verão, foi possível realizar a classificação climática e demonstrar sua representatividade (Figura 13). Utilizou-se a classificação climática de Thornthwaite-Mather (1955). Assim, tipos e suas características climáticas encontradas para a microrregião de Vitória de Santo Antão foram: $C_{1s}A'a'$, $C_{2s}A'a'$ e $C_{2s}B'_{4a}'$. A elaboração dessa classificação climática refere-se ao conjunto de informações disponíveis nos postos pluviométricos da área pesquisada.

A classificação climática C_{1s}A'a' tem na sua primeira classe o clima subúmido seco (C₁), em que o índice hídrico (Ih) fica entre -33,3 – 0; a segunda classe corresponde ao índice de umidade (Iu), cujo subtipo refere-se a moderado excesso no inverno (s); a terceira classe é com relação ao de ETP anual, superior a 1.140, considerado como megatérmico (A'); e a quarta é a ETP no verão, cujo valor ficou abaixo de 48% (a'). Assim, a expressão C_{1s}A'a' refere-se ao clima megatérmico subúmido seco com moderado excesso hídrico no inverno e extremamente quente no verão. Já C_{2s}A'a' corresponde ao clima megatérmico subúmido com moderada deficiência hídrica no verão (16,6 – 33,3) e extremamente quente no verão, enquanto o C_{2s}B'4a' é o clima mesotérmico subúmido com moderada deficiência hídrica no verão e extremamente quente no verão.



Fonte: Levantamento de dados da pesquisa BHC (2017).

Figura 13 – Mapa da classificação climática da microrregião de Vitória de Santo Antão

Em geral, os índices analisados evidenciam que o regime pluviométrico apresenta variações ao longo do ano, com períodos secos e úmidos bem definidos, o que caracteriza a má distribuição das chuvas. Tal comportamento influencia na capacidade de retenção e armazenamento de água no solo, tendo seus maiores volumes de água concentrados em apenas um período do ano. Essas características são preocupantes, pois podem afetar a produção agrícola da localidade se não houver planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Conclusões

A partir da análise do balanço hídrico climatológico (BHC), proposto por Thornthwaite-Matter (1955), para a microrregião de Vitória de Santo Antão, pode-se compreender a dinâmica e a influência climática para a região.

A microrregião apresenta duas estações bem definidas: um período chuvoso (março a agosto) e seco (setembro a fevereiro), apresentando precipitações anuais com faixas superiores a 1.000 mm. A deficiência hídrica ficou restrita aos meses de setembro a abril, enquanto o EXC se concentrou nos períodos mais chuvosos (outono-inverno), com taxas de precipitação elevada. Sobre as variáveis de temperatura do ar e ETP, constatou-se que ambas diminuem no sentido sudoeste da área estudada, por influência da configuração e exposição do relevo, que não só afetam esses dois fatores, mas também a dinâmica da precipitação, uma vez que interferem nos fenômenos responsáveis por provocar as chuvas.

Devido a essa irregularidade das chuvas e à configuração geográfica nessa região, as condições de tendências de aridez e os menores valores do índice de umidade se restringiram ao norte do município de Pombos. Para as demais localidades, os dois índices (Ia e Iu) apresentaram valores moderados. A partir da análise do índice hídrico, definiu-se os tipos climáticos em: subúmido (C₂) para a porção sudoeste e, para as demais áreas, como tipo climático subúmido seco (C₁).

Com vista à potencialidade agrícola da região e à relação climática com os eixos agrícolas, recomenda-se o monitoramento dos fenômenos atmosféricos atuantes na área, bem como a utilização do BH sequencial e de culturas como subsídio para o planejamento do manejo de irrigação e a implantação de culturas no período que propicie seu melhor desenvolvimento.

Referências Bibliográficas

- AYOADE, Johnson Olaniyi. *Introdução a climatologia para os trópicos*. ed. 6. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- BARBIERI, J. D. et. al. Balanço hídrico sequencial para a cultura do Amendoim em Tangará da Serra – MT. In: 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2016, Cuiabá, MT. Anais... Cuiabá: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 586-593, 2016.
- CARVALHO, Tatiane de Oliveira. *Análise da temperatura do ar, precipitação, evapotranspiração e índice hídrico do município de Itapetinga-BA*. RGNE. vol. 2, 2016.
- CAVALCANTI, Emilson Palmeira; SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues; SOUSA, Francisco. A. S. *Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Brasil, v. 10, n. 1, p. 140 – 147, 2006.
- CAMARGO, Ângelo Paes; CAMARGO, Marcelo Bento Paes. *Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial*. *Bragantia*, Campinas, p.125-137, 2000.
- CAMARGO, Ângelo Paes de. *Balanço hídrico no Estado de São Paulo*. Boletim Técnico, 116. Campinas, IAC, 1971.
- COUTINHO, Eliane de Castro; FISCH, Gilberto. *Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) na região do centro de lançamento de Alcântara – MA*. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.2, p. 193-203, 2007.
- FERNANDES, Diego Simões. et al. *Índices para a quantificação da seca*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009.
- FREITAS, Marcos Airton de Sousa. *Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas*. *Revista Tecnologia*. Fortaleza, v. suplement., p. 84–95, 2005.
- FRANCISCO, Paulo Roberto Megna et al. *Análise e mapeamento dos índices de umidade, hídrico e aridez através do BHC para o Estado da Paraíba*. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v. 08 n.4 p. 1093-1108, 2015.
- FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. *Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região*. *Revista Brasileira de Climatologia*. v. 1, n.1. Dez, 2005.
- FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; AGUIAR, Ananda Virgínia. *Relação entre altitude e temperatura: Uma contribuição ao zoneamento climático no Estado do Pará*. REA – Revista de estudos ambientais v.10, n. 1, p. 49-64.jun, 2008.
- HASTENRATH, S. *Climate and circulation of the tropics*. New York Atmospheric Sciences Library, p.455, 1988.
- MEDEIROS, Raimundo Mainar. et al. *Variabilidade da temperatura média do ar no Estado da Paraíba-Brasil*. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v. 08 n. 01.p. 128-135, 2015.
- MOLION, Luiz Carlos Baldicero; OLIVEIRA, Sergio. *Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro*. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v. 17, n.1. Jun, 2002.
- RIBEIRO E SOUZA, *Caracterização e Classificação Climática da Microrregião de Vitória de Santo Antão*

- MONTEIRO, Raimundo Nonato Farias; et al. Balanço hídrico climatológico e classificação climática de Thornthwaite para o município de Groaíras-CE. In: Congresso Nacional de Irrigação E Drenagem, 22, Petrolina - PE. *Anais... Petrolina – PE*: ABID, 2011.
- NOBRE, Carlos Afonso. et al. *A note on ITCZ migration in the tropical Atlantic and rainfall anomalies in Northeast Brazil*. Unpublished manuscript, 1989.
- OLIVEIRA, Leide Dayane Silva; et al. Efeito do aumento da temperatura na classificação climática do município de Nossa Senhora da Glória, SE. III Congresso internacional da realidade semiárida, III Simpósio alagoano sobre ecossistemas do semiárido, *Anais... Delmiro Gouveia - AL*, p. 1 – 8, 2014.
- OMETTO, Jose Carlos. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981.
- PEREIRA, Antonio Roberto; ANGELOCCI, Luis Roberto; SENTELHAS, Paulo Cesar. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002.
- RIBEIRO, Eberson Pessoa. *Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú*. Tese (doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Recife, 2016.
- RIBEIRO, Eberson Pessoa; NÓBREGA, Ranyére Silva; MOTA-FILHO, Fernando Oliveira. *Spatiotemporal Rainfall Variability in the Pajeú River Basin, Pernambuco, Brazil*, Journal of Environmental Hydrology, v. 23, Paper 2, 2015.
- ROSSATO, Luciana. *Estimativa da capacidade de armazenamento de água no solo do Brasil*. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INEP, São José dos Campos, 2001.
- SILVA, Alexsandro Oliveira; MOURA, Geber Barbosa Albuquerque. KLAR, Antônio Evaldo. *Classificação climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimatológica nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco*. Irriga, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 46 – 60, 2014.
- SILVA, Pedro Carlos Gama; et al. Caracterização do semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, Bezerra Iêdo; SILVA, Pedro Carlos Gama. Ed(s). *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Embrapa semiárido, Petrolina – PE. p.19, 2010.
- SOUZA, Adilson Pacheco; et al. *Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso*. Nativa, Sinop, v. 01, n. 01, p. 34 – 43, 2013.
- THORNTHWAITE, Charles Warren. *An approach toward a rational classification of climate*. Geographical Review, New York, v. 38, p. 55 – 94, 1948.
- THORNTHWAITE, Charles Warren; MATHER, John Russell. *The water balance*. Centerton, New Jersey: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, publications in Climatology. v. 8, n. 1, New Jersey, 104 p.

Data de Submissão: 30/04/2018

Data da Avaliação: 02/10/2018