

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DOS MUNICÍPIOS DE CASTELO DO PIAUÍ E JUAZEIRO DO PIAUÍ, NORDESTE, BRASIL

CLIMATIC WATER BALANCE OF THE MUNICIPALITIES CASTELO DO PIAUÍ AND JUAZEIRO DO PIAUÍ, NORTHEAST, BRAZIL

Francílio de Amorim dos Santos

Prof. Mestre em Geografia
Instituto Federal do Piauí/*Campus* Piripiri
francilio.amorim@ifpi.edu.br

Cláudia Maria Sabóia de Aquino

Profa. Doutora em Geografia
Universidade Federal do Piauí/*Campus* Petrônio Portela
cmsaboia@gmail.com

RESUMO

O estudo propôs-se analisar os componentes do Balanço Hídrico, através de dados pluviométricos e elaboração de mapas temáticos, dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí. A análise dos componentes do Balanço Hídrico baseou-se nos dados das séries anuais obtidas através da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Os referidos dados foram empregados em metodologia de Thornthwaite e as falhas corrigidas por meio do método de ponderação regional proposto por Tucci, para análise dos seguintes parâmetros do Balanço Hídrico: Precipitação, Evapotranspiração Total Potencial e Real, Índice Efetivo de Umidade, Índice de Aridez e Número de Meses Secos. Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí apresentam as seguintes características climáticas: média pluviométrica de 996mm; média de Evapotranspiração Potencial de 1.434mm; valores de Evapotranspiração Real situados entre 719mm e 1.276mm; 5 a 8 meses secos; temperaturas médias mensais bem distribuídas ao longo do ano; Índice Efetivo de Umidade característico de clima subúmido seco e semiárido; Índice de Aridez com 46,1% dos postos apresentando valores entre 0,51 a 0,65, enquadrando-se como clima subúmido seco, logo, suscetível à desertificação. Diante desses dados, pode-se estimar as áreas com maior potencial erosivo, conservando-as e/ou elaborando um adequado planejamento ambiental para sua exploração.

Palavras-chave: balanço hídrico; condicionantes climáticos; métodos indiretos; Áreas Suscetíveis à Desertificação.

ABSTRACT

The study aimed to analyze the components of the water balance through rainfall data and create thematic maps, municipalities Castle of Piauí and Juazeiro do Piauí. The analysis of the components of the water balance is based on the annual series data obtained by sudene. These data were employed in Thornthwaite methodology and the flaws corrected through the regional weighting method proposed by Tucci, for analysis of the following parameters Water Balance: precipitation, evapotranspiration Total Potential and Real, humidity Effective Index, aridity index and number of Months Dry. The analysis of the components of the water balance was based on the annual series data obtained through the Office of the Northeast Development. Castle of Piauí and Juazeiro do Piauí have the following climatic characteristics: average rainfall of 996mm; average potential evaporation of 1.434mm; Real Evapotranspiration values of between 719mm and 1.276mm; 5-8 dry months; average monthly temperatures well distributed throughout the year; Effective index characteristic of dry sub-humid climate humidity and semiarid; Aridity index with 46.1% of stations with values between 0.51 to 0.65, fitting as dry sub-humid climate, so susceptible to desertification. Given these data, we can estimate the areas with greater erosive potential, keeping them and/or developing an appropriate environmental planning for your exploration.

Keywords: water balance; climatic conditions; indirect method; Areas Susceptible to Desertification.

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos condicionantes climáticos de uma determinada área possibilita o planejamento para o desenvolvimento de atividades socioeconômicas, principalmente em áreas consideradas suscetíveis à desertificação, a exemplo dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, conforme estudo de Aquino (2002).

Considerando-se que a desertificação está ligada à fragilidade dos aspectos climáticos aliados às atividades humanas, principalmente o uso inadequado dos solos, torna-se de suma importância estudos voltados ao conhecimento dos condicionantes climáticos nos municípios supracitados.

Nesse contexto, Tomassela e Rosato (2005, p.3) apontam o uso do Balanço Hídrico (BH) como forma de “[...] identificar locais onde uma determinada *cultura* pode ser explorada com maior eficácia”. Logo, o conhecimento da dinâmica dos elementos do BH torna-se sendo sumamente importante para desenvolvimento das atividades humanas de forma racional em áreas consideradas suscetíveis à desertificação.

Diante do exposto a presente pesquisa teve como objetivos: i) analisar os componentes do Balanço Hídrico – Precipitação, Evapotranspiração Total Potencial (ETP), Evapotranspiração Total Real (ETR), Índice Efetivo de Umidade (IM), Índice de Aridez (IA) e Número de Meses Secos (MS) –, por meio dos dados pluviométricos da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990); ii) elaborar mapas temáticos dos componentes do Balanço Hídrico dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí; iii) estimar as áreas dos referidos municípios com maior potencial erosivo.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise climática da área em estudo baseou-se nos dados de precipitações das séries anuais obtidas na SUDENE (1990) e empregados em metodologia de Thornthwaite (THORNTHWAITE e MATHER, 1955). As falhas encontradas nas referidas séries, anos de 1963 a 1985, foram corrigidas através do Método de Ponderação Regional apresentado por Tucci (1993).

Foram utilizados treze postos pluviométricos situados no interior e no entorno dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí para análise do Balanço Hídrico (BH) a partir de série histórica de 23 anos, 1962 a 1985. Foi tomado o valor de 125 mm como capacidade de armazenamento de água no solo para áreas semiáridas, segundo orienta Oliveira e Sales (1990).

O Índice de Aridez (IA) é construído a partir do quociente entre a Precipitação Média Anual e a Evapotranspiração Potencial Anual, conforme

Equação 1. Para classificação do grau de aridez dos municípios em estudo foram delimitadas 3 classes(Tabela 1).

$$IA = P / ETP \quad [1]$$

Onde:

IA = Índice de Aridez;

P = Precipitação Média Anual;

ETP = Evapotranspiração Potencial Anual.

Tabela 1: Intervalos do Índice de Aridez (IA) com respectivas classes correspondentes a cada intervalo.

Intervalos do IA	Classe atribuída
IA > 0,75	Baixa
0,65 < IA < 0,75	Moderada
IA < 0,65	Alta

Fonte: Santos (2015).

Conforme proposto por Thornthwaite e Mather (1955), a Equação 2 foi utilizada para mensurar a quantidade de umidade em uma referida área, através do Índice Efetivo de Umidade (IM).

$$IM = [(EXC - DEF) \times 100] / EP \quad [2]$$

Onde:

EXC = é o Excedente Hídrico Anual;

DEF = é o Déficit Hídrico Anual;

EP = é a Evapotranspiração Potencial Anual.

Para classificação climática dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí foi considerado o IM, quanto à umidade, segundo Thornthwaite e Mather (1955), como é representado na Tabela 2.

Tabela 2: Tipos climáticos, segundo o Índice Efetivo de Umidade, conforme proposto por Thornthwaite e Mather (1955).

Intervalos do IU	Tipo de clima	Classe atribuída
$10 < IM < 1$	Subúmido úmido	Baixa
$-10 < IM < 1$	Subúmido seco	Moderada
$-20 < IM < -10$	Subúmido seco	
$-30 < IM < -20$	Subúmido seco	
$IM > -30$	Semiárido	Alta

Fonte: Adaptado de Thornthwaite e Mather (1955).

Os dados dos postos pluviométricos foram manuseados no *software CRIATEMP* versão 1.0 (Oliveira e Sales, 1990), para estimar os valores das variáveis do BH. Os dados foram tabelados através do programa *Microsoft Excel* versão 2010 e, posteriormente, foram utilizados para a construção de isolinhas e consequente elaboração dos mapas temáticos das variáveis do BH. Os gráficos ombrotérmicos foram elaborados conforme índice de Gaussen, obedecendo-se relação: $P = 2T$.

Os mapas resultantes dos dados do Balanço Hídrico foram elaborados obedecendo ao mesmo processo, utilizando ferramentas do

software ArcGIS versão 10 da empresa *ESRI (Environmental Systems Research Institute)*. Os mapas resultantes do BH estão em Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum *WGS(World Geodetic System)* 1984.

Localização da área em estudo

A pesquisa foi desenvolvida nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, ambos localizados no Território de Desenvolvimento dos Carnaubais e 6º Aglomerado de Municípios (AGM) (PIAUI, 2006), cujas sedes municipais localizam-se, respectivamente, a 158 km e 184 km de Teresina. De acordo com Aguiar e Gomes (2004a; 2004b), Castelo do Piauí possui uma área de 2.035,2 km², limitando-se ao norte com Pedro II, ao sul com São Miguel do Tapuio, a Leste Área de Litígio entre Piauí e Ceará, a oeste com Campo Maior, Alto Longá e São João da Serra. Sua sede municipal localiza-se às Coordenadas Geográficas: 05°19'19"S e 41°33'10"O (Figura 1). Juazeiro do Piauí possui área de 827,2 km², limitando-se ao norte com Sigefredo Pacheco e Milton Brandão, ao sul com Castelo do Piauí e Buriti dos Montes, a leste com Buriti dos Montes, a Oeste Castelo do Piauí e Sigefredo Pacheco. Sua sede situa-se nas Coordenadas Geográficas de 05°10'19"S e 41°42'10"O (Figura 1).

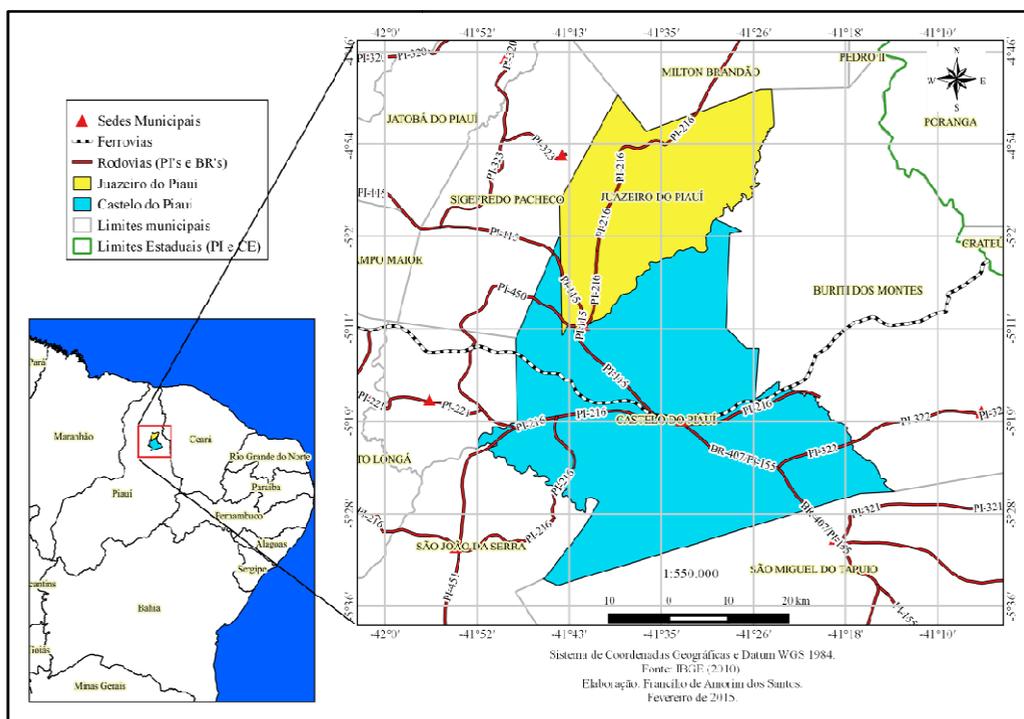


Figura 1: Localização dos municípios de Castelo do Piauí e de Juazeiro do Piauí.

Fonte: IBGE (2010).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O fenômeno da desertificação possui causas desencadeadas pelo uso inadequado dos solos (NIMER, 1988). De modo mais preciso o citado fenômeno é conceituado como “[...] a degradação do solo em áreas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, resultante de diversos fatores, inclusive de variações climáticas e de atividades humanas” (BRASIL, 1995, p.149).

Dessa forma, as áreas suscetíveis à desertificação (ASD), conforme o PAN-Brasil (BRASIL, 2004), são áreas com Índice de Aridez (IA) entre 0,21 a 0,65. A limitação hídrica nestas regiões exige uma análise entre a entrada e a saída de água no sistema terra-atmosfera, obtida por meio da estimativa dos parâmetros do balanço.

O Balanço Hídrico (BH) possui elementos que limitam as atividades biológicas e socioeconômicas, devido irregular distribuição dos níveis

pluviométricos, concentrando em poucos meses do ano, além de altos valores de evapotranspiração real, etc. Para Tomasella e Rossato (2005), o BH possibilita identificar áreas com maior eficácia para o desenvolvimento de um determinado cultivo.

O BH envolve o movimento de água do solo, a precipitação que representa o ganho e a evapotranspiração que diz respeito à perda de umidade do solo. O Balanço Hídrico (BH) é um parâmetro que diz respeito ao cálculo da entrada e saída de água no solo (BELTRAME, 1994).

Um desequilíbrio no BH resultará em danos irreversíveis aos recursos naturais renováveis. Segundo Xu e Singh (1998), geralmente, a precipitação constitui-se como principal elemento para os modelos de Balanço Hídrico, cuja mensuração é realizada a partir de dados disponíveis em redes de estações que influenciam de forma importante a confiabilidade dos cálculos do BH.

O BH corresponde à dinâmica das relações da atmosfera com o sistema solo-planta. O Índice de Aridez (IA), segundo Aquino (2010), é determinante para identificar as áreas suscetíveis à desertificação existentes no planeta Terra. O IA é elaborado a partir do quociente entre a Precipitação Média Anual e a Evapotranspiração Potencial Anual (P/ETP). A Evapotranspiração Potencial (ETP) representa a quantidade de água que é necessária para fazer a manutenção da vegetação possibilitando estar sempre verde em função de uma determinada temperatura (AQUINO, 2010).

Para Thornthwaite e Mather (1955), o Índice Efetivo de Umidade (IM) é utilizado para mensurar o quanto úmido ou seco é o clima de uma determinada área, baseando-se na combinação dos valores de Evapotranspiração Potencial, Excedente Hídrico e Déficit Hídrico do balanço.

Deve-se, ainda, mencionar que as áreas suscetíveis à desertificação apresentam altas taxas de Evapotranspiração Real (ETR), que diz respeito à real quantidade de água que sai do sistema por meio da evapotranspiração utilizada pelas plantas em suas atividades primárias.

Diversos trabalhos utilizaram-se do Balanço Hídrico como forma de conhecer os condicionantes climáticos como instrumento para o planejamento agrícola e ambiental. Destacam-se os seguintes:

Antonino *et al.* (2000) buscaram determinar o balanço hídrico de solo cultivado com milho ou feijão, em condições de sequeiro, sem cobertura vegetal ou com cobertura morta, no município de Coxixola (PB). Os experimentos apontaram distribuição irregular das chuvas da ordem de 212mm, gerando restrição hídrica na parte final do experimento, resultando em baixas eficiências de uso de água e baixas produtividades do milho e do feijão. O solo sem cobertura vegetal e morta comportou-se semelhantemente.

Aguiar Netto *et al.* (2009) utilizaram algumas variáveis do BH para a Bacia Hidrográfica do rio Siriri, localizada nos municípios de Japarutuba, Siriri e Nossa Senhora das Dores, Estado de Sergipe. Seus resultados apontam déficit hídrico concentrado entre os meses de setembro a março, excesso hídrico ocorrendo nos meses de abril a setembro e um padrão de uniformidade em relação aos meses do ano quanto à demanda evapotranspirométrica e precipitação, cujas variáveis mudam semelhantemente ao longo dos meses.

Aquino e Oliveira (2013) utilizaram o balanço hídrico climatológico para o Núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato - PI, como forma de analisar sua vulnerabilidade à desertificação. O estudo indicou que 85% da área em estudo apresenta vulnerabilidade à desertificação média e alta, oferecendo a possibilidade de compatibilizar a quantidade de água retida no solo e as diferentes formas de utilização do mesmo.

Tavares *et al.* (2013) buscaram disponibilizar informações sobre os aspectos climáticos do município de Paulistana, através do balanço hídrico climático como ferramenta ao planejamento agropecuário. Seu estudo apontou que o balanço hídrico resultou em todos os meses de deficiência hídrica com total acumulado de 1.047,1mm, ao passo que não ocorreu excedente hídrico

durante os anos, a evapotranspiração potencial e a evaporação real apresentaram valores de 1.615,5mm/ano e 568,4mm/ano, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Balanço Hídrico possui variáveis que limitam as atividades biológicas e socioeconômicas, pois ambientes com irregularidade das chuvas ou concentração das mesmas em curto período de tempo, ou ainda, com altas taxas de evaporação geram baixa disponibilidade de águas. Tal fato reveste de importância os resultados apresentados a seguir.

A precipitação média anual nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí apresenta significativa variação, oscilando de 769 mm no posto de Assunção a 1.369 mm no posto Alto Longá, cuja média pluviométrica geral é de 996 mm. A precipitação dos postos pluviométricos apresenta variabilidade média, podendo-se ser observado através dos Coeficientes de Variação (CV) (Tabela 3). O menor valor do CV foi 13,7% para o posto Alto Longá e o maior valor foi 24,4% para o posto Assunção.

Tabela 3: Precipitação média e coeficiente de variação interanual das precipitações dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.

Postos	Município	Coord. Geográficas		Precipitação	
		Lat.	Long.	Média(mm)	CV(%)
Alto Longá	Alto Longá	05°16''	42°13''	1.369	13,7
Castelo do Piauí	Castelo do Piauí	05°20''	41°34''	1.132	16,6
Santana	Castelo do Piauí	05°20''	41°05''	1.031	18,2
Pedro II	Pedro II	04°25''	41°28''	1.324	14,1
Madeira Cortada	Pedro II	04°29''	41°10''	853	22,0
Retiro	Pedro II	04°40''	41°28''	1.044	18,0
Oitis	Pimenteiras	06°22''	41°37''	964	19,5
São João da Serra	São João da Serra	05°30''	41°55''	1.012	18,5
Alivio	São Miguel do Tapuio	05°27''	41°06''	840	22,3
Assunção	São Miguel do Tapuio	05°52''	41°03''	769	24,4

Dico Leopoldino	São Miguel do Tapuio	05°51''	41°23''	895	21,0
São Miguel do Tapuio	São Miguel do Tapuio	05°30''	41°20''	852	22,0
São Vicente	São Miguel do Tapuio	05°43''	41°42''	860	21,8

Os referidos municípios apresentam índices pluviométricos entre 1.100 a 1.200 mm, correspondendo a 51,1% da área em estudo, especificamente, na parte centro-norte, que está sob influência da ZCIT. O segundo maior nível de precipitação corresponde ao intervalo de 1.000 a 1.100 mm, abrangendo 23% dos municípios de Castelo e Juazeiro, região nordeste e sudoeste-sudeste da área em estudo (Figura 2).

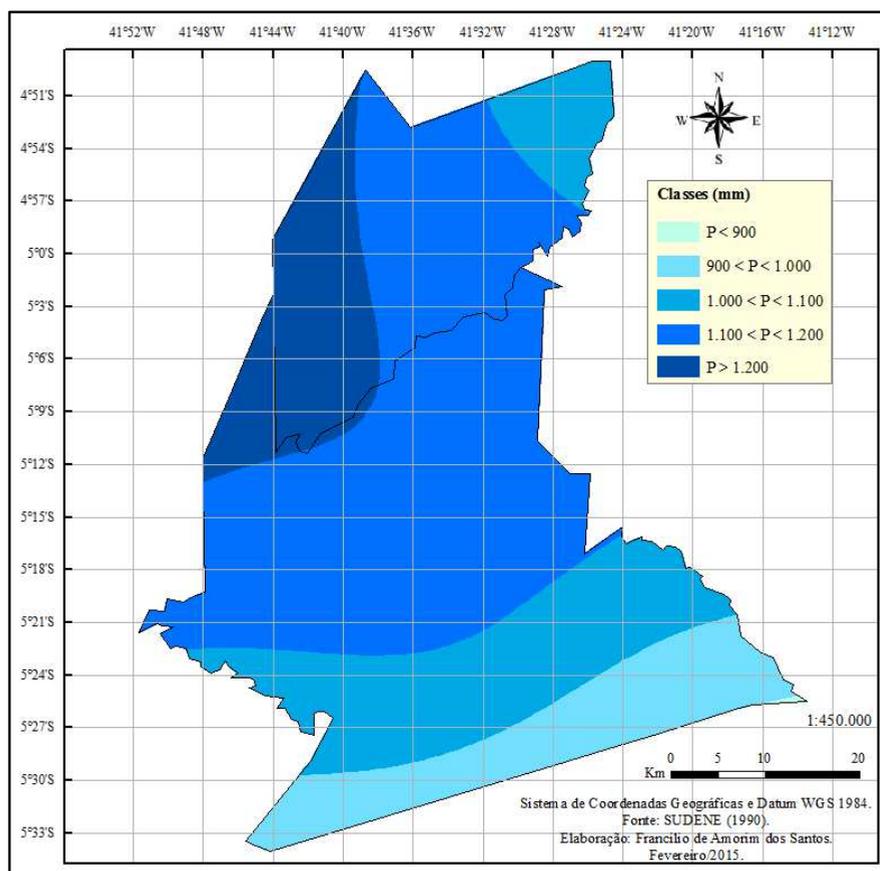


Figura 2: Precipitação Média Anual dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.

Os dados dispostos na Tabela 4 permitem inferir que os mais expressivos valores de ETP localizam-se entre 1.500 a 1.600 mm, abrangendo 40% da área; o segundo maior nível de ETP é superior a 1.600 mm, que corresponde a 32% de área (Figura 3).

Tabela 4: Intervalos de Evapotranspiração Potencial Total Anual com respectivas classes correspondentes a cada intervalo, de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.

Intervalos de ETP (mm)	Área (km²)	%
ETP < 1.300	5,7	0,2
1.300 < ETP < 1.400	126	4,4
1.400 < ETP < 1.500	669,8	23,4
1.500 < ETP < 1.600	1.145	40
ETP > 1.600	915,9	32
Total	2.862,4	100

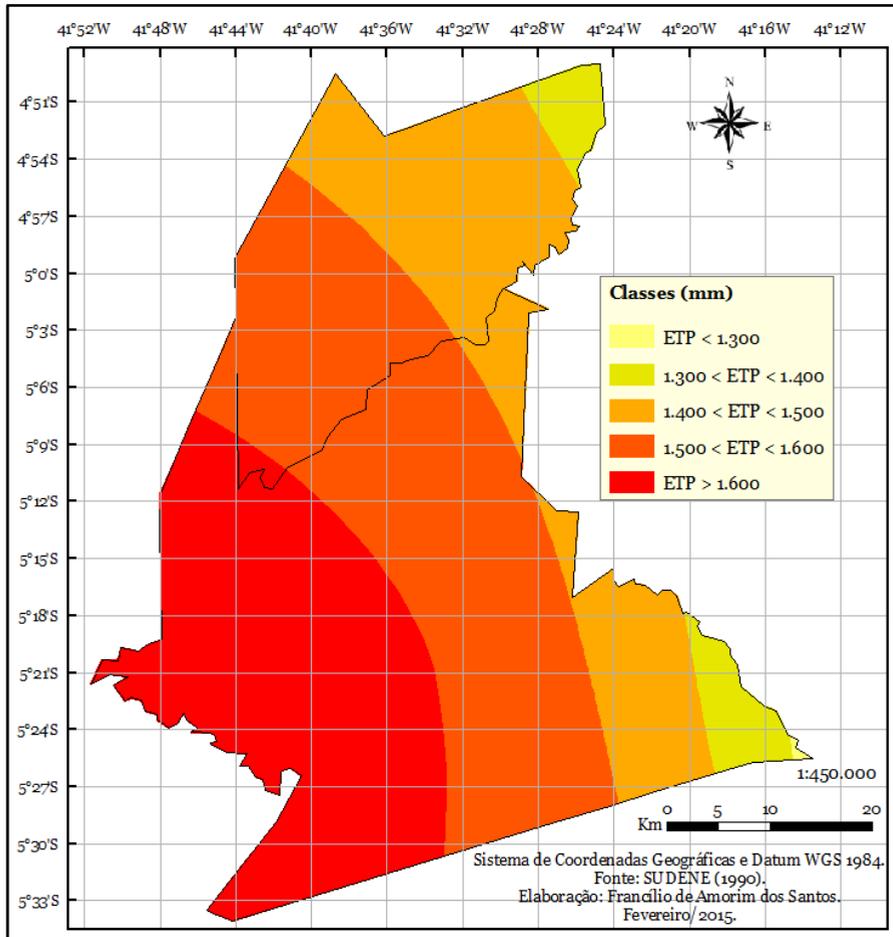


Figura 3: Evapotranspiração Potencial de Castelo do Piauí e de Juazeiro do Piauí.

Os valores de ETP são considerados característicos de regiões tropicais semiáridas, devido à grande oferta de energia solar, o que resulta altas temperaturas e déficit hídrico significativo, este último elemento é observado na maioria dos postos (AQUINO, 2010).

Através da Tabela 5 pode-se afirmar que os municípios apresentam 54,1% de suas áreas com ETR situada entre 1.100 a 1.200mm. Nesse sentido, ao comparar as Figuras 2 e 4 é possível afirmar que os menores valores de ETR estão diretamente relacionados a baixos valores de precipitação e os maiores valores de ETR correlacionados com os maiores valores de precipitação.

Tabela 5: Intervalos de Evapotranspiração Real com respectivas classes correspondentes a cada intervalo, de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.

Intervalos de ETP (mm)	Área (km ²)	%
ETR < 900	120,2	4,2
900 < ETR < 950	277,6	9,7
950 < ETR < 1.000	234,7	8,2
1.000 < ETR < 1.050	237,6	8,3
1.050 < ETR < 1.100	352,1	12,3
1.100 < ETR < 1.150	724,2	25,3
1.150 < ETR < 1.200	824,4	28,8
ETR > 1.200	91,6	3,2
Total	2.862,4	100

Nesse sentido, pode-se afirmar que a Evapotranspiração Real (ETR) para os municípios estudados apresentou valores mais significativos de ETR estão entre 1.150 a 1.200 mm e representa 28,8% da área, ou seja, região centro-noroeste. O segundo mais representativo valor está entre 1.100 a 1.150 mm, abrangendo 25,3% da área (Figura 4).

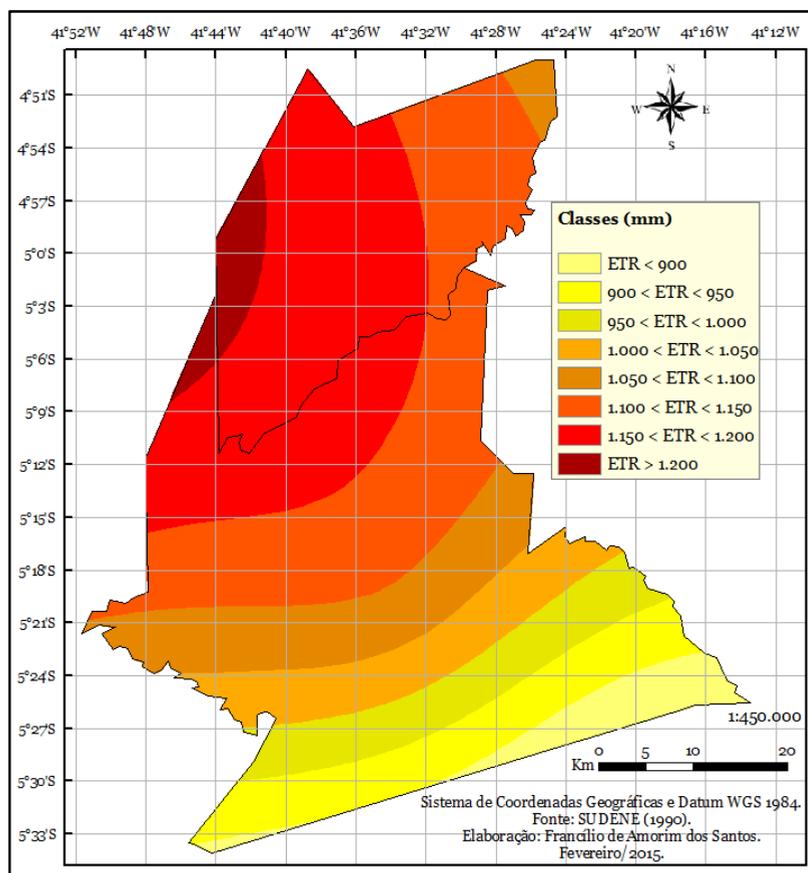


Figura 4: Evapotranspiração Real de Castelo do Piauí e de Juazeiro do Piauí.

Os municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro Piauí apresentam distribuição temporal de chuvas com 5 a 8 meses secos, especificamente 33,5% de seus territórios apresentam 5,1 a 6 meses secos, enquanto 30,2% da área apresenta menos de 5 meses secos (Tabela 6).

Tabela 6: Número de Meses Secos com respectivas classes correspondentes a cada intervalo, dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.

Intervalos do Número de Meses Secos	Área (km ²)	%
< 5	864,4	30,2
5,1 a 6	959	33,5
6,1 a 7	644	22,5

7,1 a 8	395	13,8
Total	2.862,4	100

Quando analisada a Figura 5 pode-se afirmar que a parte centro-sul é a área mais afetada pela disponibilidade de água concentrada em um curto período de tempo. De acordo com Aquino (2010), o período chuvoso em Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí concentra-se nos meses de janeiro a maio. Logo, há uma concentração de volume pluviométrico em um curto período de tempo, principalmente na parte sul do município de Castelo do Piauí, o que pode desencadear processos erosivos em áreas com pouca ou nenhuma proteção da cobertura vegetal, o que pode resultar em expansão do processo de degradação/desertificação.

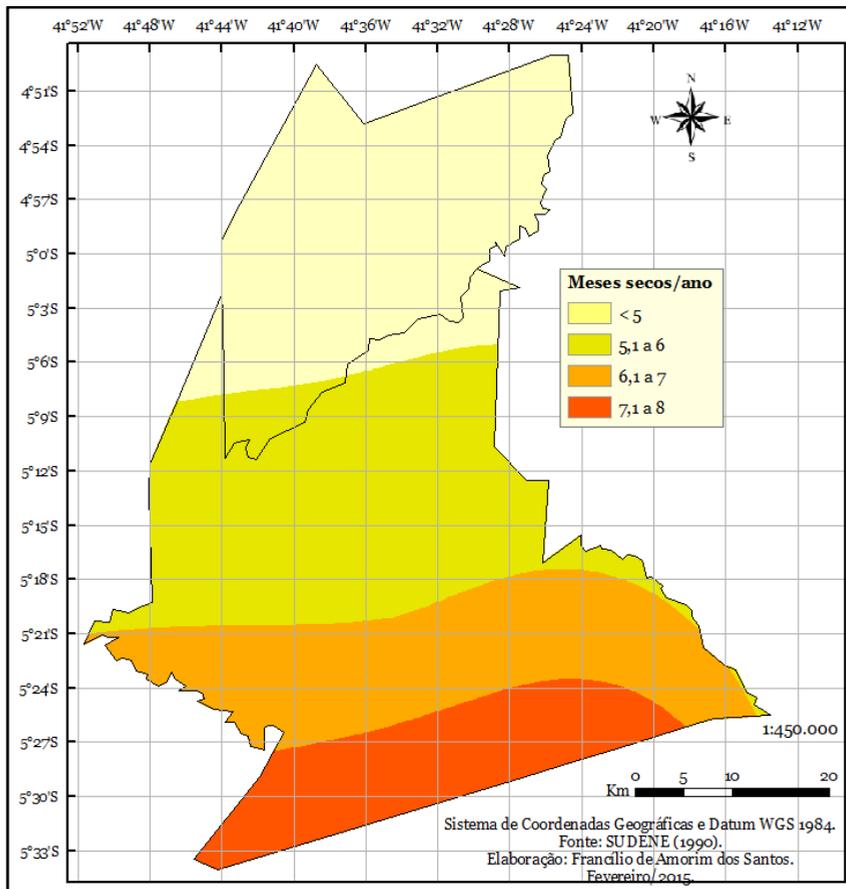


Figura 5: Número de meses secos de Castelo do Piauí e de Juazeiro do Piauí.

A grande quantidade de radiação solar aliada à presença de cobertura vegetal do tipo caatinga do Nordeste do Brasil contribui diretamente para as altas taxas de evapotranspiração e concentração das precipitações em poucos meses do ano, resultando em deficit hídrico. Dessa forma, os gráficos ombrotérmicos (Figuras 6 a 12) representam o padrão médio das chuvas e das temperaturas da série histórica, de 1962 a 1985, obtidas a partir dos postos pluviométricos inseridos e no entorno da área em estudo. Os referidos gráficos permitem afirmar que as chuvas concentram-se num curto período de tempo, especificamente, de janeiro a maio, corroborando os estudos de Aquino e Oliveira (2013), e os meses menos chuvosos concentrados de junho a setembro. Os postos pluviométricos apresentam poucas oscilações de temperaturas, estando bem distribuídas ao longo do ano.

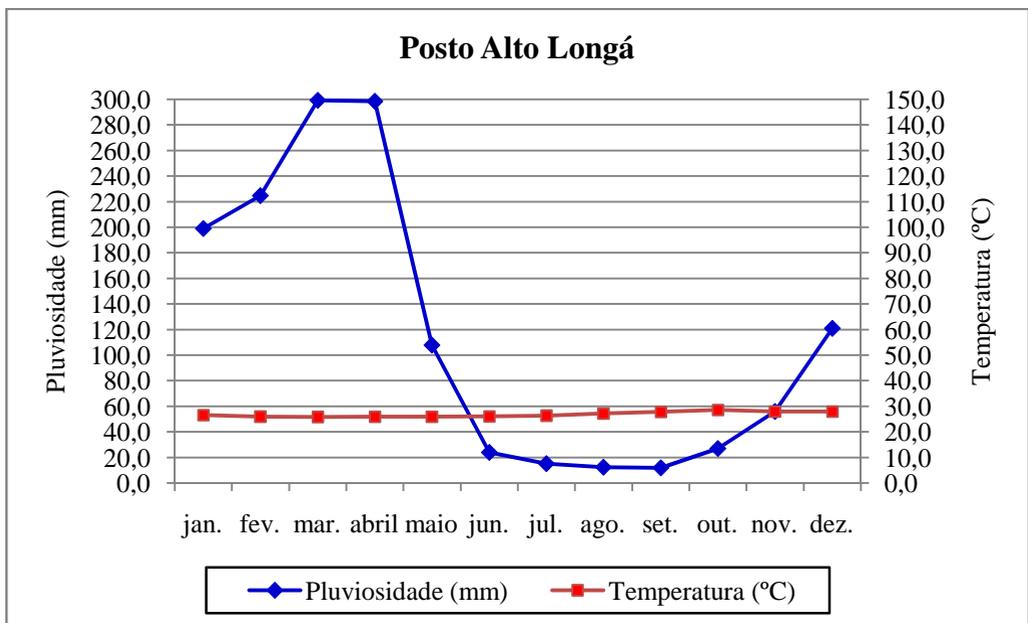


Figura 6: Gráfico ombrotérmico do posto pluviométrico Alto Longá.

Fonte: Estimada de acordo com Lima *et al.* (1982); SUDENE (1990).

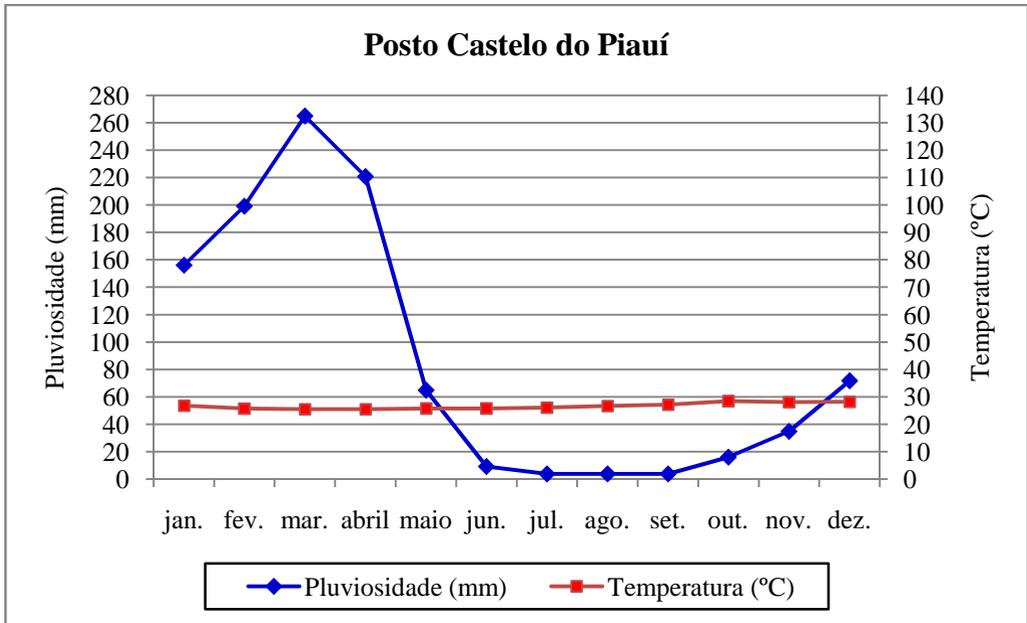


Figura 7:Gráfico ombrotérmico do posto pluviométrico Castelo do Piauí.

Fonte: Estimada de acordo com Lima *et al.* (1982); SUDENE (1990).

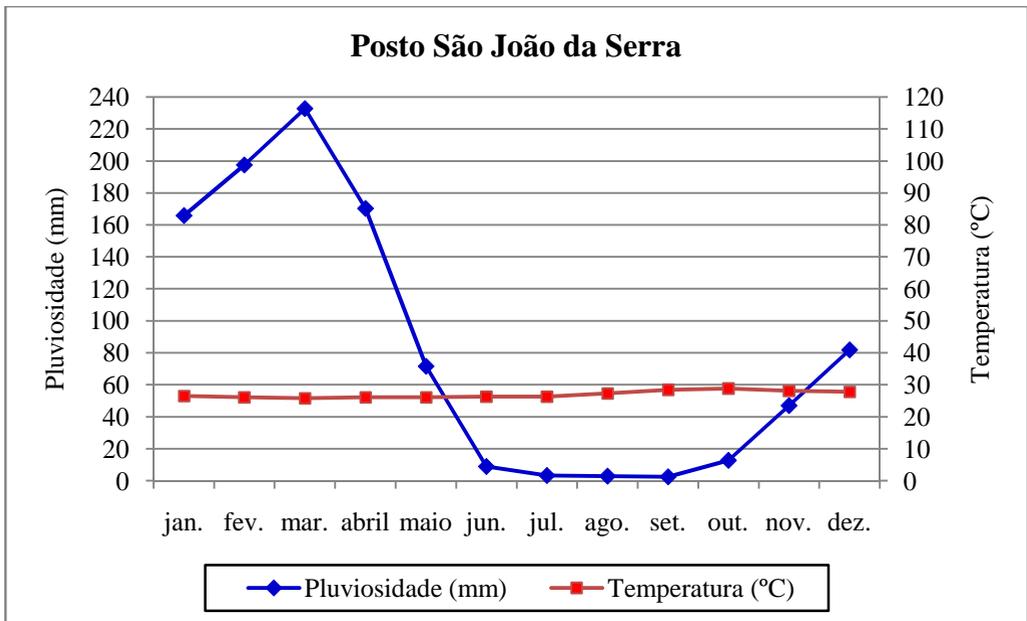


Figura 8:Gráfico ombrotérmico do posto pluviométrico São João da Serra.

Fonte: Estimada de acordo com Lima *et al.* (1982); SUDENE (1990).

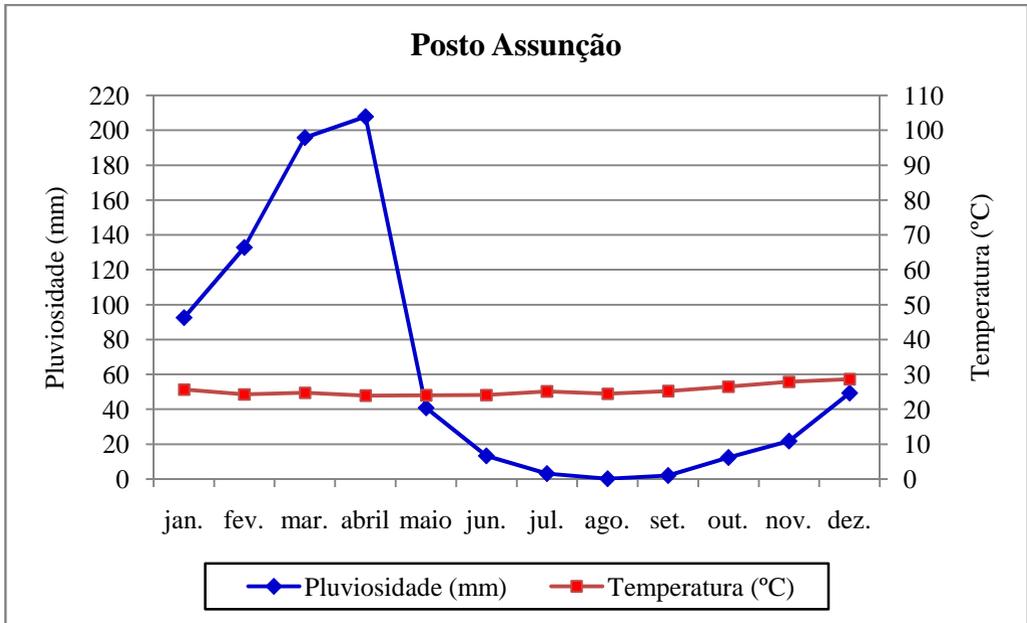


Figura 9:Gráfico ombrotérmico do posto pluviométrico Assunção.

Fonte: Estimada de acordo com Lima *et al.* (1982); SUDENE (1990).

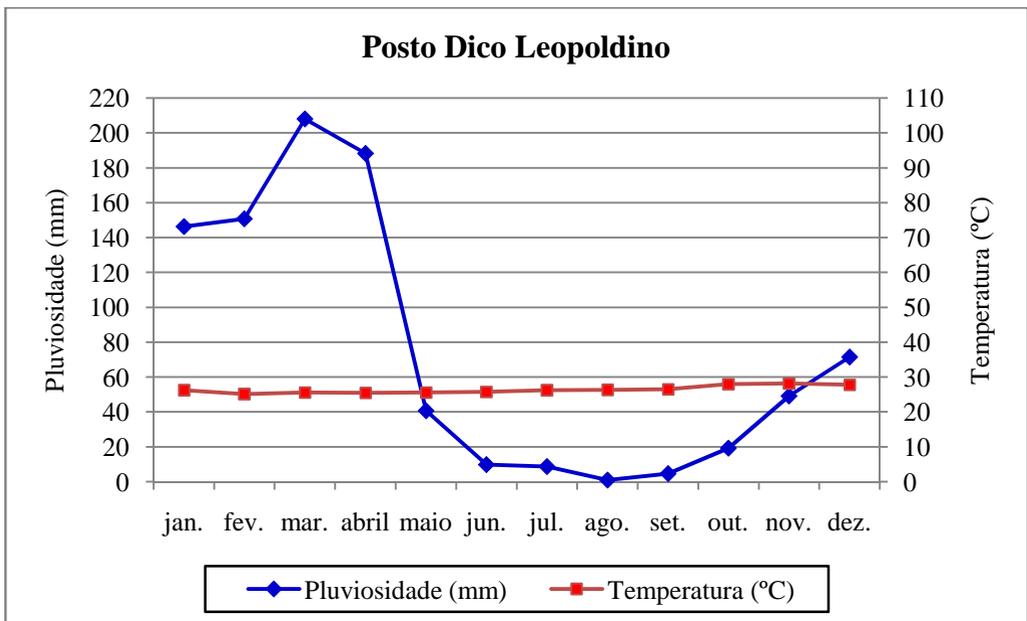


Figura 10:Gráfico ombrotérmico do posto pluviométrico Dico Leopoldino.

Fonte: Estimada de acordo com Lima *et al.* (1982); SUDENE (1990).

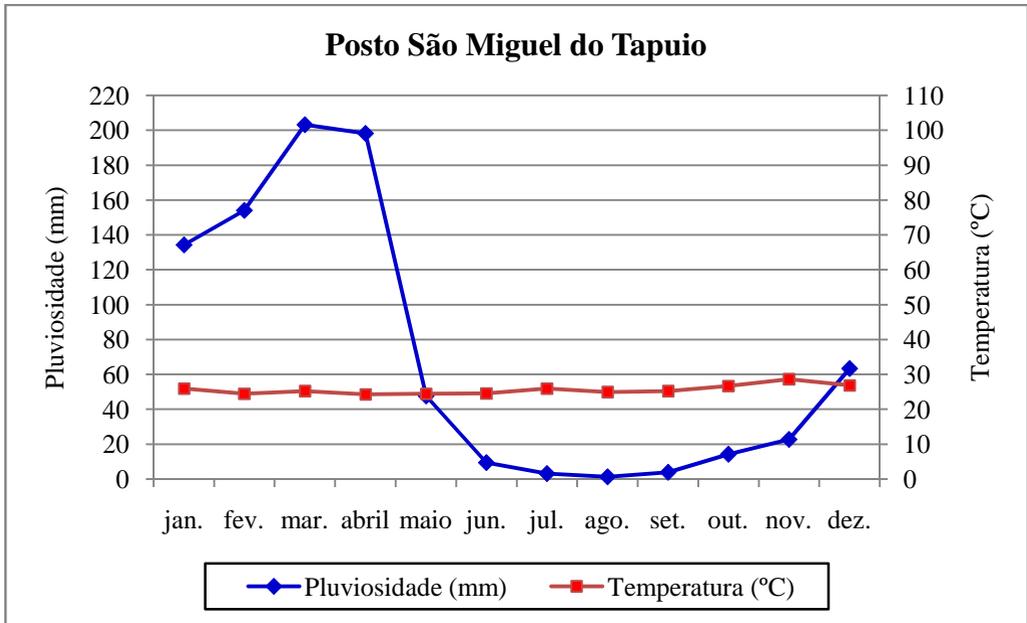


Figura 11:Gráfico ombrotérmico do posto pluviométrico São Miguel do Tapuio.

Fonte: Estimada de acordo com Lima *et al.* (1982); SUDENE (1990).

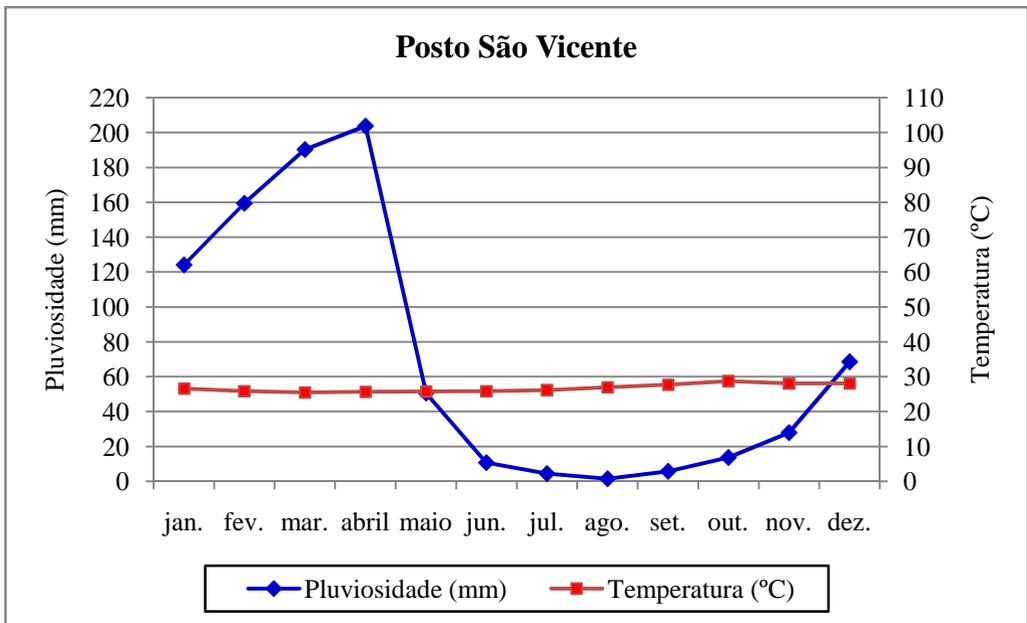


Figura 12:Gráfico ombrotérmico do posto pluviométrico São Vicente.

Fonte: Estimada de acordo com Lima *et al.* (1982); SUDENE (1990).

A Tabela 7 possibilita afirmar que 64,7% do território castelense e juazeirense apresentam clima subúmido seco, enquanto 28,6% corresponde ao clima subúmido úmido e 6,7% corresponde ao clima semiárido, principalmente a parte sul (Figura 13). Os municípios possuem 71,4% de suas áreas com moderada a alta fragilidade climática, que integrado a outros elementos da dinâmica ambiental para diagnóstico mais preciso acerca da desertificação.

Tabela 7: Índice Efetivo de Umidade (IM) com respectivos tipos climáticos correspondentes a cada intervalo, dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.

Intervalos do IU	Tipo de clima	Classe atribuída	Área (km ²)	%
10 < IM < 1	Subúmido úmido	Baixa	818,7	28,6
-10 < IM < 1	Subúmido seco	Moderada	778,6	27,2
-20 < IM < -10	Subúmido seco		658,3	23
-30 < IM < -20	Subúmido seco		415	14,5
IM > -30	Semiárido	Alta	191,8	6,7
Total	-	-	2.862,4	100

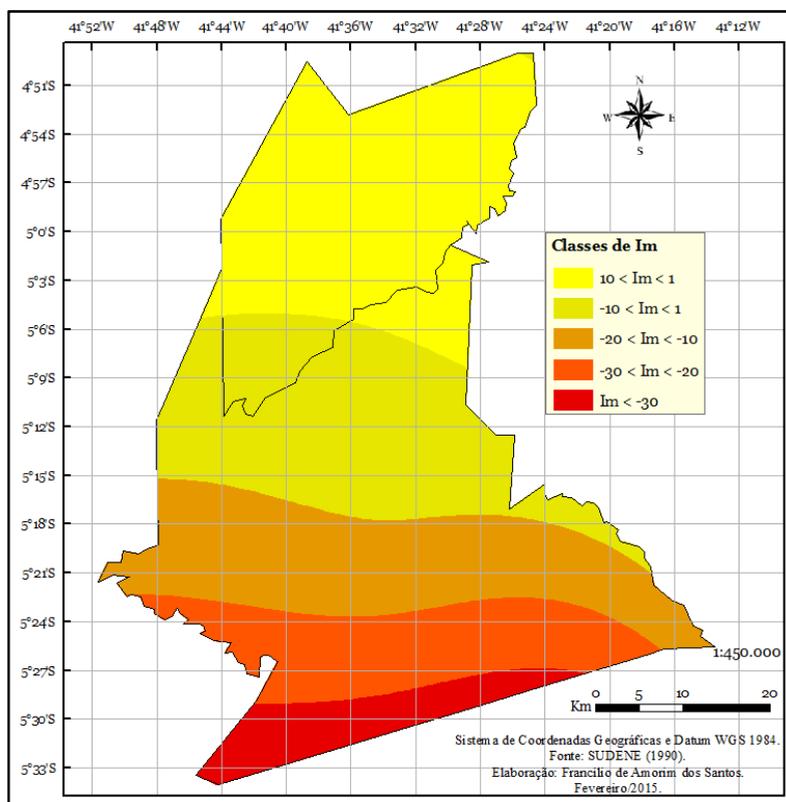


Figura 13: Índice Efetivo de Umidade (IM) dos municípios de Castelo do Piauí e de Juazeiro do Piauí.

O Índice de Aridez está relacionado ao quociente entre a Precipitação Média Anual e a Evapotranspiração Potencial (UNEP, 1991). A análise da Tabela 8 permite afirmar que 47,2% da área dos municípios estudados apresenta baixo nível de aridez, 38,6% da área situa-se entre 0,65 a 0,75, correspondendo à classe moderada e 14,2% possui alto nível de aridez, abrangendo 406,5 km².

Tabela 8: Índice de Aridez (IA) com respectivas classes correspondentes a cada intervalo, de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí.

Intervalos do IA	Classe atribuída	Área (km ²)	%
IA > 0,75	Baixa	1.351	47,2
0,65 < IA < 0,75	Moderada	1.104,9	38,6
IA < 0,65	Alta	406,5	14,2

Total	-	2.862,4	100
-------	---	---------	-----

Fonte: Santos (2015).

Pode-se afirmar que os níveis de aridez dos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí são variados (Figura 14). A identificação dos tipos climáticos e o nível de aridez permitem conhecer as limitações climáticas impostas pela natureza frente às atividades biológicas e a produtividade agropecuária, para a área em estudo, especificamente a região centro-sul, possibilita o planejamento ambiental visando à otimização das atividades antrópicas em decorrência das fragilidades climáticas.

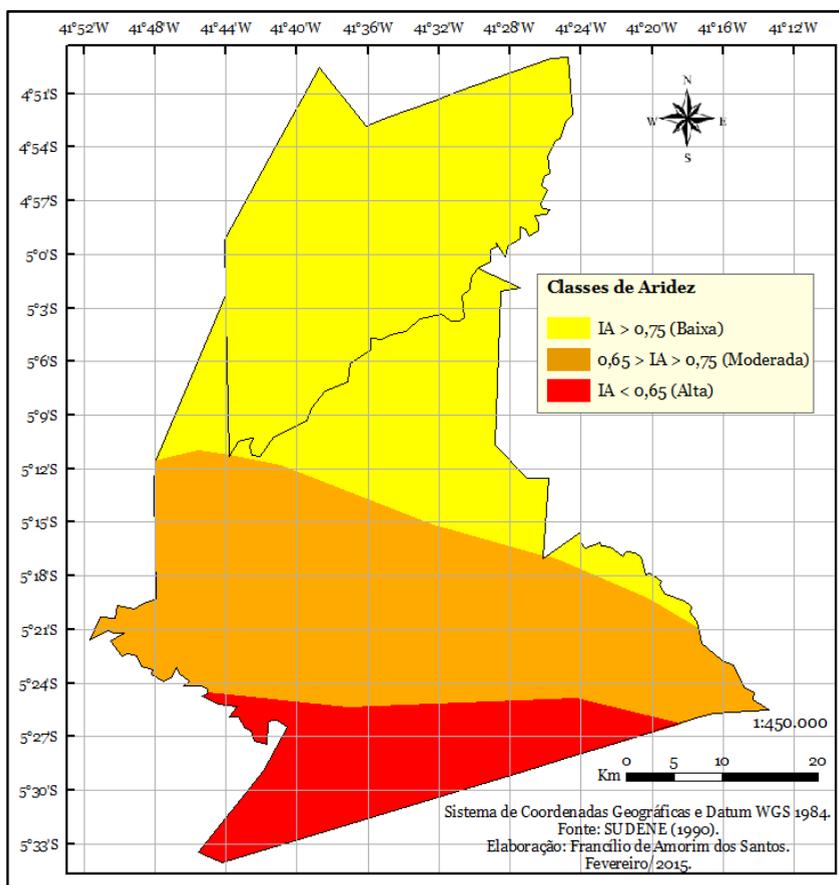


Figura 14: Índice de Aridez (IA) dos municípios de Castelo do Piauí e de Juazeiro do Piauí.

CONCLUSÕES

A análise climática da série histórica dos dados dos postos pluviométricos da SUDENE (1990) foi de suma importância para analisar o Balanço Hídrico de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí. Entretanto, deve-se destacar a dificuldade encontrada devido às falhas, não somente em captação de dados mensais, mas também anuais. O Método de Ponderação Regional apresentado por Tucci (1993) e a metodologia de Thornthwaite (THORNTHWAITE e MATHER, 1955) mostraram-se adequados ao estudo.

Por meio do Balanço Hídrico foi possível analisar elementos climáticos, a exemplo da precipitação média anual, cuja variação esteve dentro da média pluviométrica de 996 mm, típicas de regiões semiáridas. O Coeficiente de

Variação de 13,7% a 24,4% demonstra média variação, embora se possa afirmar que há grande volume concentrado de chuva em poucos meses do ano, geralmente de janeiro a maio.

Quando cai sobre áreas com pouca ou nenhuma proteção da cobertura vegetal a ação da chuva pode apresentar grande potencial de erosividade. Destaque-se, então, a parte noroeste da área em estudo que apresentou os maiores índices pluviométricos, ressalta-se que esta é recoberta por caatinga arbustiva aberta, condição que aumenta o risco a processos erosivos.

Os dados extraídos dos postos pluviométricos permitem afirmar que Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí apresentam altos valores médios de Evapotranspiração Potencial e Real, respectivamente, 1.434 mm e 918 mm que resulta em déficit hídrico. Este último elemento pode levar a população de determinada área a uma situação de extrema pobreza, quando não acompanhado de planejamento para o convívio com as secas.

Os municípios em estudo apresentam distribuição temporal de chuvas com 5 a 8 meses secos, que aliado à falta de planejamento governamental para o convívio com a deficiência hídrica, em Áreas Suscetíveis à Desertificação, leva a população atingida a migrar para os grandes centros, causando problemas de natureza urbana.

O Índice Efetivo de Umidade, por sua vez, apresentou 61,5% de valores negativos, entre -10,0 a -46,8, característicos de subúmido seco e semiárido, portanto, enquadrados como suscetíveis à desertificação. Por outro lado, o Índice de Aridez obtido apresentou 46,1% dos postos com valores situados entre 0,51 a 0,65. Tais valores apontam que parte da área dos municípios estudados apresenta vulnerabilidade climática natural à desertificação. Ressalta-se que atividades antrópicas como agricultura e pecuária, se praticadas de forma predatória e que exceda a capacidade de suporte, em áreas com estas características climáticas podem gerar graves problemas ambientais, inclusive desencadear processos de desertificação.

Portanto, no que tange ao nível de aridez, a área em estudo merece atenção, pois se apresenta parcialmente como suscetível à desertificação. Desse modo, deve-se buscar aprofundar conhecimentos acerca da estrutura socioeconômica integrada aos elementos físicos, com possibilidade do desenvolvimento de políticas públicas.

Os condicionantes climáticos, acima analisados, demandam integração de outros elementos naturais, a exemplo das características pedológicas, a geomorfológicas, cobertura vegetal, etc., para que se possa fazer um diagnóstico mais acurado do ambiente. Através desse diagnóstico integrado, poder-se-á visualizar a real capacidade de suporte da área em estudo e subsidiar um planejamento territorial adequado para que se possam praticar atividades antrópicas e mitigar os efeitos dessas atividades no meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETTO, A.O.; MAGALHÃES, L.T.S.; SOBRAL, F.S.B.; GIACOMELLI, W.; FACCIOLI, G.G. Balanço hídrico na Bacia Hidrográfica do rio Siriri, Sergipe. In: **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de recursos hídricos**, Campo Grande - MS.22 a 26 de novembro de 2009.

AGUIAR, R.B.; GOMES, J.R.C. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Castelo do Piauí. – Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004a.

_____. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Juazeiro do Piauí. – Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004b.

ANTONINO, A.C.D.; SAMPAIO, E.V.S.B.; DALL’OLIO, A.; SALCEDO, I.H. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.29-34, 2000.

AQUINO, C.M.S. **Estudo da degradação/desertificação no núcleo de São Raimundo Nonato - Piauí**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe - UFSE. São Cristovão, 2010.

_____. **Suscetibilidade Geoambiental das Terras Secas do Estado do Piauí à Desertificação**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)– Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

_____. Emprego do Método de Thornthwaite & Mather (1955) para Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico do Núcleo de Degradação de São Raimundo Nonato-Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 06, N. 01, 2013. p.79-90.

BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. – Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BRASIL. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: de acordo com a Resolução nº 44/228 da Assembleia Geral da ONU, de 22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento: **Agenda 21**. – Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. Brasília: MMA. 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal digital do Brasil: situação em 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/>. Acesso em 27 de agosto de 2015.

LIMA, M.G.; ALENCAR, P.A.M.; COELHO, H. Normais de temperatura máxima, mínima e média estimadas em função da latitude, longitude e altitude para o estado do Piauí. **Ensaio - Boletim de Pesquisa**, v. 1, nº 1, p.1-40, 1982.

PIAUI. Gabinete do Governador. Palácio de Karnak. **Projeto de Lei Complementar nº 004, de 14 de fevereiro de 2006**. Estabelece o Planejamento Participativo Territorial para o Desenvolvimento Sustentável do estado do Piauí e dá outras providências.

NIMER, E. Desertificação: realidade ou mito? **Revista Brasileira de Geografia**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, ano 50, n. 1, p.7-39, jan./mar. Rio de Janeiro: IBGE, 1988.

OLIVEIRA, J.G.B.; SALES, M.C.L. **Software estatístico CRIATEMP**. Version 1.0. [S.1.], 1990. Disponível em Ambiente DOS.

SANTOS, F.A. **Mapeamento das unidades geoambientais e estudo do risco de degradação/desertificação nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGCEO) / Universidade Federal do Piauí. 2015.

SUDENE. **Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste: Estado do Piauí**. Recife, 1990.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The Water Balance**. Centerton, New Jersey: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).

TAVARES, A.L.; MEDEIROS, R.M.; SILVA, V.P.R. Balanço hídrico climatológico como planejamento agropecuário para o município de Paulistana, PI. In: **I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro**, Campina Grande - PB. 11 a 13 de dezembro de 2013.

TOMASELLA, J.; ROSSATO, L. **Balanço hídrico: tópicos em meio ambiente e ciências atmosféricas**. São José dos Campos: INPE, 2005.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Eds. da UFRGS e da USP, 1993. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4). 952.p.

UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification**. Nairóbi, 1991.

XU, C.Y.; SINGH, V.P. A Review on Monthly Water Balance Models for Water Resources Investigations. **Water Resources Management**, vol. 12, p.31-50. 1998.

Recebido para publicação em 13/08/2015
Aceito para publicação em 01/06/2016