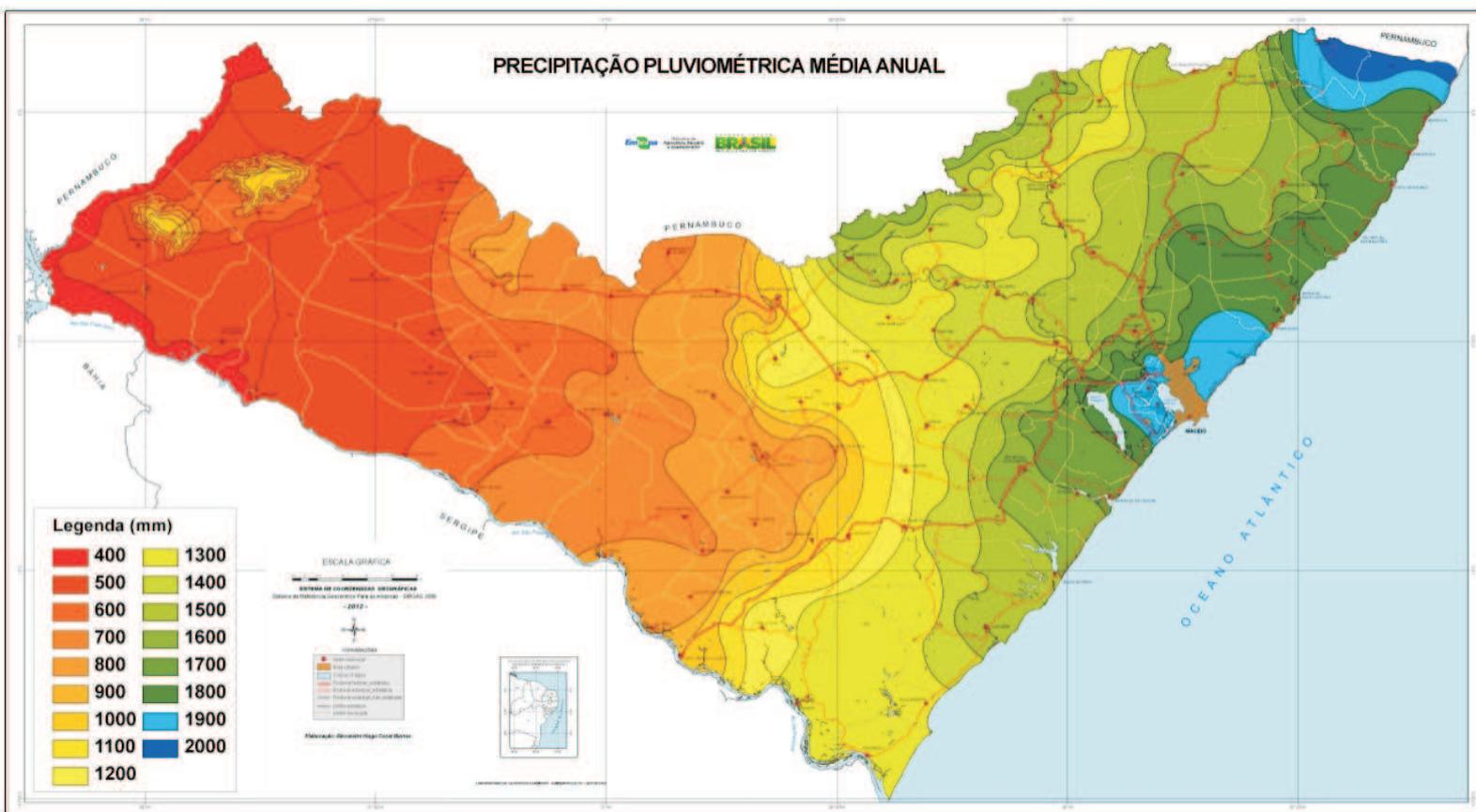


Climatologia do Estado de Alagoas



ISSN 1678-0892

Dezembro, 2012

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 211

Climatologia do Estado de Alagoas

*Alexandre Hugo Cezar Barros
José Coelho de Araújo Filho
Ademar Barros da Silva
Gabriela Ayane C. F. Santiago*

Recife, PE
2012

Embrapa Solos - UEP Recife

Rua Antônio Falcão, 402. Boa Viagem. Recife, PE
CEP: 51020-240
Fone: (81) 3325 5988
Fax: (81) 3325 0231
Home page: www.cnps.embrapa.br
E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Daniel Vidal Pérez

Secretário-Executivo: Jacqueline Silva Rezende Mattos

Membros: Ademar Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Maurício Rizzato Coelho, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro, Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos.

Supervisão editorial: Jacqueline Silva Rezende Mattos

Revisão de texto: André Luiz da Silva Lopes

Normalização bibliográfica: Quitéria Sônia Cordeiro dos Santos

Edição eletrônica: Jacqueline Silva Rezende Mattos

2ª edição

E-book (2012)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Solos**

B277c Barros, Alexandre Hugo Cezar

Climatologia do Estado de Alagoas / Alexandre Hugo Cezar Barros...[
et al...] - Dados eletrônicos. Recife: Embrapa Solos, 2012.

32 p.; il. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa
Solos, ISSN 1678-0892; 211).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes> > .

1. Climatologia - Alagoas - Nordeste. I. Araújo Filho, José Coelho de.
II. Silva, Ademar Barros da. III. Santiago, Gabriela Ayane C. F. IV.
Título. V. Série.

CDD (21 ed.) 551.6

© Embrapa 2012

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	13
Dados utilizados	13
Classificação climática	15
Resultados e Discussão	18
Variáveis climáticas	18
Precipitação pluviométrica	18
Temperatura do ar	20
Índice efetivo de umidade	22
Evapotranspiração potencial	23
Excedente e deficiência hídrica anual	24
Classificação climática	26
Gausсен	26
Köppen	27
Thorthwaite	28
Conclusões	30
Agradecimentos	30
Referências	31

Climatologia do Estado de Alagoas

Alexandre Hugo Cezar Barros¹
José Coelho de Araújo Filho¹
Ademar Barros da Silva¹
Gabriela Ayane C. F. Santiago²

Resumo

A região Nordeste apresenta clima semiárido associado a uma vegetação xerófitas em cerca de 50% do seu território. Estudos sobre o clima indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e circulação geral da atmosfera seriam os responsáveis pela ocorrência de baixos totais pluviométricos.

O Estado de Alagoas, em função da sua localização na região Nordeste, tem como principais características climáticas as irregularidades da precipitação pluviométrica e a pouca variação sazonal da radiação solar, do fotoperíodo e da temperatura do ar. A proximidade da linha do Equador é um fator que condiciona um número elevado de horas de incidência de sol por ano e índices acentuados de evapotranspiração.

O regime de chuvas do estado está diretamente relacionado com as configurações da circulação atmosférica e oceânica em grande escala sobre os trópicos, mas também fica submetida à influência de sistemas de mesoescala, tais como os complexos convectivos e as brisas marítimas e terrestres que influenciam todas as sub-regiões, além das circulações orográficas e pequenas células convectivas que constituem os fenômenos de microescala.

¹ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Embrapa Solos – UEP Recife. E-mail: alexandre.barros@embrapa.br; jose.coelho@embrapa.br; ademar.barros@embrapa.br

² Estudante de Geografia da UFPE. Estagiário da Embrapa Solos – UEP Recife. E-mail: gabriela_ayane@hotmail.com

Em todo o estado não há grandes oscilações da temperatura média do ar, variando, no litoral, entre 23°C e 28°C, e no sertão, entre 17°C e 33°C. As condições térmicas da região Nordeste, de forma geral, não possuem importantes variações no decorrer do ano. Nas áreas de altitudes mais elevadas, em contato com as encostas do Planalto da Borborema e mais expostas aos ventos de Sudeste, as temperaturas médias do ar são mais amenas, em torno de 21°C a 23°C.

De acordo com a classificação de Köppen, toda a metade oriental do estado possui clima do tipo As', ou seja, tropical e quente com chuvas de outono/inverno, com precipitação pluviométrica média anual entre 1.000 mm a 1.500 mm. Porém, parte do leste alagoano, próximo à divisa com o Estado de Pernambuco, possui clima Ams', tropical com chuvas de outono a inverno e médias pluviométricas anuais entre 1.500 mm a 2.200 mm. Por outro lado, a metade ocidental do estado, que corresponde ao agreste e sertão, apresenta condições semiáridas, com clima BSh, isto é, seco e quente, com precipitação pluviométrica média anual no Sertão entre 400 mm a 600 mm e no agreste de 600 mm a 900 mm.

Termos para indexação: clima, Alagoas, Nordeste.

Alagoas State Climatology

Abstract

The Northeast Region of Brazil has a semi-arid climate where prevails xerophytic vegetation in about 50% of its territory. Studies indicate that climate phenomena like El Niño - Southern Oscillation (ENSO) and the general circulation of the atmosphere would be responsible for the occurrence of low rainfall totals in this region.

Owing to its location in Northeast, the State of Alagoas has rainfall irregularities, little seasonal variation in solar radiation, photoperiod and air temperature, as main characteristics in its climate. The proximity of the equator is a factor that affects a large number of hours of sunshine per year and indexes accented evapotranspiration. The rainfall of the state is directly related to the settings of the atmospheric and oceanic circulation on a large scale over the tropics, but is also subject to the influence of mesoscale systems such as convective complexes and sea and land breezes that influence all subregions, beyond small circulations and orographic convective cells that constitute the microscale phenomena.

In Alagoas there is no high thermal fluctuation in its average air temperature, ranging 20°C and 29°C, and in t. The thermal conditions in the Northeast, in general, do not have significant variations throughout a. In areas of higher elevations, in contact the slopes of the Plateau Borborema and more exposed

to winds from the Southeast, the average temperatures are milder, around 20°C to 23°C.

According to the Köppen classification, the entire Eastern half of the state has a climate type 'tropical and warm with showers of autumn/winter, and a rainfall between 1,000 mm to 1,500 mm. However, part of the East Alagoano, near the border with the state of Pernambuco, has a climate is tropical rains of autumn and winter the average annual rainfall between 1,500 mm to 2,200 mm. On the other hand, the western half of the state, presents semiarid conditions, with climate hot and dry, with rainfall between 400 mm to 600.

Index terms: climate, Alagoas, Northeast, Brazil, climatology.

Introdução

O Estado de Alagoas está situado na região Nordeste do Brasil, abrangendo uma área aproximada de 27.767 km² (IBGE Resolução nº 5 de 10 de outubro de 2002), representando 0,33% do território nacional. Localiza-se entre os paralelos 8°48'12" e 10°29'12" de latitude Sul e entre os meridianos 35°09'36" e 38°13'54" de longitude a oeste de Greenwich. Limita-se ao norte e oeste com o Estado de Pernambuco, ao sul com os estados de Sergipe e Bahia e a leste com o oceano Atlântico (Figura 1). Possui 339 km na direção leste-oeste e 186 km na direção norte-sul.

A região Nordeste apresenta clima semiárido associado a uma vegetação xerófila em cerca de 50% do seu território. Esse clima é caracterizado pelas irregularidades espaciais e temporais do regime de chuvas, com maior destaque nas mesorregiões do agreste e do sertão. Estudos sobre o clima indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS), e a circulação geral da atmosfera seriam os responsáveis pela ocorrência de baixos totais pluviométricos (NOBRE, 1986; MOLION; BERNARDO, 2002).

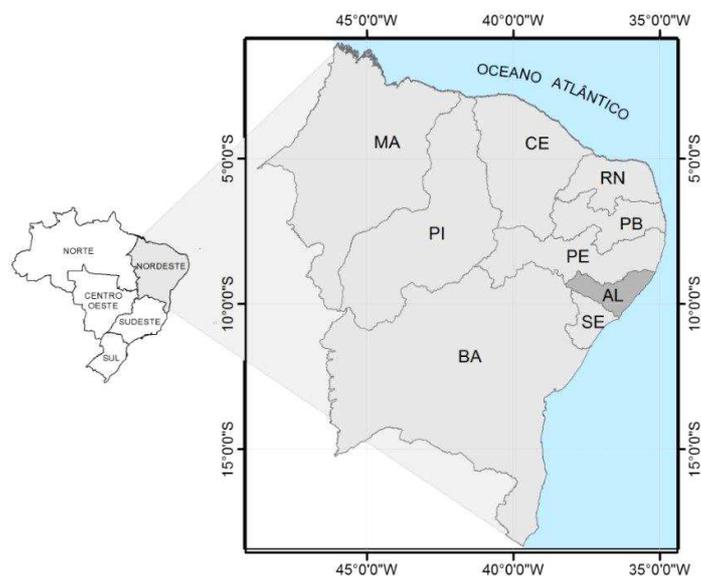


Figura 1. Localização do Estado de Alagoas na região Nordeste do Brasil.

De acordo com o IBGE (2010), as mesorregiões do Estado de Alagoas compreendem o Leste o Agreste e o Sertão Alagoano. O Leste é a maior região em área territorial e abrange o Litoral e a Zona da Mata (Norte e Sul). O Agreste é uma região de transição entre a zona úmida e seca, tem início ao Norte no município de Quebrangulo, e ao Sul em São Brás, na porção mais úmida, e se estende até o limite dos municípios de Cacimbinhas e Traipu, na porção mais seca. O Sertão corresponde às superfícies com características climáticas áridas e semiáridas. No Estado de Alagoas existem áreas com diferentes aspectos ambientais e climáticos. Assim, neste trabalho, a região do Leste Alagoano foi subdividida em Litoral e Zona da Mata Norte e Sul para efeito de apresentação dos resultados (Figura 2).



Figura 2. Mesorregiões do Estado de Alagoas - o Leste (Mata Norte, Litoral e Mata Sul), o Agreste e o Sertão Alagoano. Fonte: IBGE (2010).

O Nordeste do Brasil é bastante extenso e isso faz com que o período chuvoso ocorra de maneira distinta na região. Assim, tem-se o regime diferenciado na parte norte, com chuvas máximas no período fevereiro-março-abril; na parte do sul, com chuvas máximas no período novembro-dezembro-janeiro; e grande do agreste e litoral (leste), com chuvas máximas no período maio-junho-julho.

O Estado de Alagoas, em função da sua localização na região Nordeste tem como principais características climáticas as irregularidades da precipitação

pluviométrica e a pouca variação sazonal da radiação solar, do fotoperíodo e da temperatura do ar. A proximidade da linha do Equador é fator que condiciona um número elevado de horas de incidência de horas sol por ano e, conseqüentemente, índices acentuados de evapotranspiração.

O regime de chuvas no estado está diretamente relacionado com as configurações da circulação atmosférica e oceânica em grande escala sobre os trópicos, dentre os quais destacam-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); os Sistemas Frontais (SF), alimentados pela umidade do Atlântico Sul, que definem a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); as ondas de Leste, que são agrupamentos de nuvens que se movem no Atlântico, de leste para oeste; e dos Ventos Alísios de Nordeste e Sudeste (Figura 2).

Além disso, o Estado de Alagoas fica também submetido à influência de sistemas meteorológicos, que organizam a convecção em escala sinótica, os quais interagem entre si, tais como os vórtices ciclônicos de altos níveis que provocam precipitação durante a primavera, verão e outono (setembro a abril), com ocorrência máxima no mês de janeiro (KOUSKY; GAN, 1981) e, a oscilação 30-60 dias ou oscilação de Madden-Julian (KOUSKY; KAYANO, 1994).

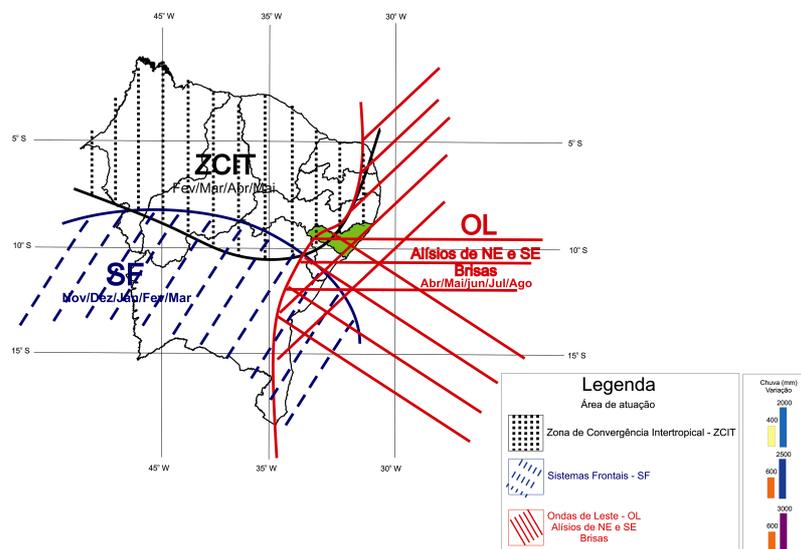


Figura 3. Sistemas meteorológicos que provocam chuvas na região Nordeste. A área em verde mostra a localização do Estado de Alagoas. Fonte: Adaptado de Nobre (1986); Molion e Bernardo (2002).

Na mesoescala, têm-se os complexos convectivos e as brisas marítimas e terrestres que influenciam todas as regiões do Nordeste, além das circulações orográficas e pequenas células convectivas que constituem os fenômenos de microescala (MOLION; BERNARDO, 2002). As regiões costeiras sofrem influência da circulação local das brisas marítima e terrestre, devido ao gradiente horizontal de pressão provocado pelo contraste da temperatura diária entre o continente e o oceano. Essa circulação tem uma importante influência para amenizar a temperatura do ar diária e distribuir umidade para o interior do continente, provocando chuvas esporádicas durante todo o ano.

A localização dos tabuleiros costeiros do Estado de Alagoas facilita a penetração das brisas terrestres e marítimas, que influenciam as chuvas na porção leste, em uma faixa de até 200 km da linha da costa. As chuvas podem alcançar até a região do agreste, nas encostas do Planalto da Borborema, em transição com a zona da mata e podem ocorrer durante todo o ano. Entretanto, são mais observadas no outono/inverno, quando produzem chuvas fracas a moderadas (MELO, 1980).

O estado não apresenta grandes oscilações com relação à temperatura média do ar, variando, no litoral, entre 23°C e 28°C, e no sertão, entre 17°C e 33°C. De acordo com Niner (1989), as condições térmicas da região nordeste, de forma geral, não possuem importantes variações no decorrer do. Nas áreas de altitudes mais elevadas, em contato com as encostas do Planalto da Borborema e mais expostas aos ventos de sudeste, as temperaturas médias do ar são mais amenas, em torno de 21°C a 23°C.

Deve-se destacar que grande parte da área norte da mesorregião do leste alagoano possui a predominância de morros e colinas cujas altitudes variam de 20 m a mais de 500 m, que influenciam a média anual da umidade relativa do ar, com valores em torno de 70%.

De acordo com a classificação de Köppen, toda a metade oriental do estado possui clima do tipo As', ou seja, tropical e quente, com precipitação pluviométrica de outono/inverno, entre 1.000 mm a 1.500 mm. Porém, parte

do leste alagoano, próximo à divisa com o Estado de Pernambuco, possui clima Ams', tropical com chuvas de outono a inverno e médias pluviométricas anuais entre 1.500 mm a 2.200 mm. A metade ocidental do estado, que corresponde ao agreste e sertão, apresenta condições semiáridas, com clima BSh, isto é, seco e quente, com precipitação pluviométrica média anual no sertão entre 400 mm a 600 mm e no agreste de 600 mm a 900 mm.

Material e Métodos

Dados utilizados

Para o Estado de Alagoas estão disponíveis apenas médias mensais de temperatura do ar para alguns aeroportos (BRASIL, 1967) e algumas estações meteorológicas e postos termopluviométricos (SUDENE, 1963; ELLIS; VALENÇA, 1982). A baixa concentração espacial de locais com registros de temperatura do ar no estado é uma limitação que restringe o cálculo do balanço hídrico climatológico de algumas localidades.

Para contornar esse problema, foi necessário estimar as médias mensais de temperatura do ar naqueles locais onde apenas se dispunham de dados de chuva. Nessa estimativa foram utilizados os valores médios mensais disponíveis em Alagoas e nos estados vizinhos, considerando as normais climatológicas mais atualizadas, fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), pelo Núcleo de Meteorologia e Recursos Hídricos de Alagoas (NMRH/AL), pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e do acervo os dados do HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA).

No sentido de assegurar maior confiabilidade aos resultados, suprimiram-se todos os valores considerados pela SUDENE como "duvidosos" ou "estimados". Também foram eliminados aqueles indicados como "homogeneizados", por se tratarem de valores interpolados e que, portanto, tendem a reduzir a variância das séries (introduzindo uma suavização).

No processamento foram considerados apenas postos pluviométricos com 20 ou mais anos de registros completos. Foram também incluídos os dados pertencentes a postos de outros estados, situados nas vizinhanças do limite

com Alagoas. Para cobrir as regiões do estado que apresentaram ausência de dados de temperaturas, foi utilizado o modelo de regressão múltipla quadrática para estimar a temperatura média mensal do ar (T_m) em cada mês ($m = 1, 2, 3...12$) e a anual ($m = 13$), tomando-se a latitude (ϕ), a longitude (λ) e a altitude (ξ) como variáveis independentes, conforme a seguinte equação:

$$T_m = A_m + B_m\phi + C_m\lambda + D_m\xi + E_m\phi^2 + F_m\lambda^2 + G_m\xi^2 + H_m\lambda\phi + I_m\lambda\xi + J_m\phi\lambda. \quad \text{Eq. 1}$$

Os coeficientes mensais ou anual A_m, B_m, \dots, J_m , da equação, foram determinados pelo método dos mínimos quadrados dos desvios. Por meio dessa equação o pior erro padrão da estimativa das temperaturas médias mensais foi inferior a $\pm 1^\circ\text{C}$. Na figura 4 consta a distribuição dos postos pluviométricos utilizados nos estudos agroclimatológicos.

A partir de dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar, foi calculado o balanço hídrico climatológico (BHC), proposto por Thornthwaite e Mather (1957), para cada posto pluviométrico. O balanço hídrico é a contabilidade de entrada e saída de água no solo. Sua interpretação permite obter informações de ganho e perda e armazenamento de água no solo.

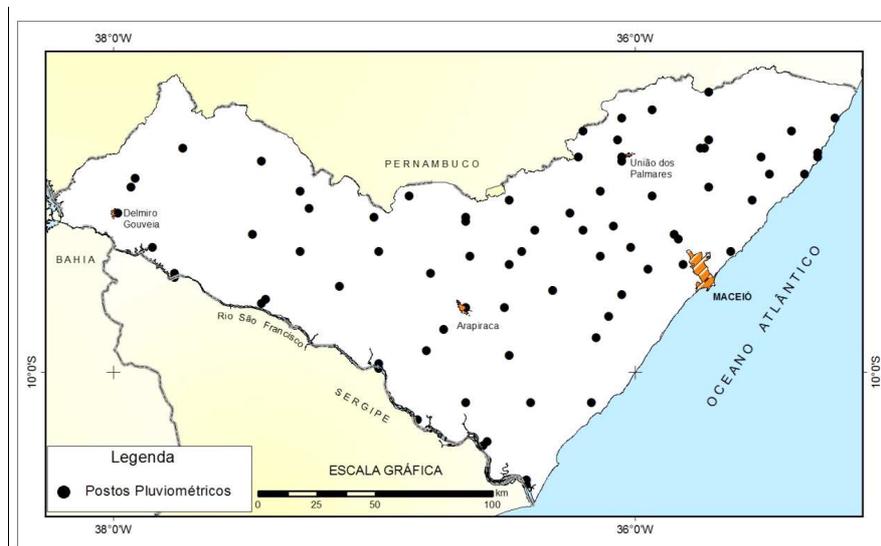


Figura 4. Distribuição dos postos pluviométricos no Estado de Alagoas.

A partir dos balanços hídricos foram elaboradas mapas correspondentes às temperaturas do ar mínima, média e máxima; isoietas médias anuais dos totais pluviométricos, isolinhas de deficiência e excedente hídrico, e ainda, a estimativa do índice efetivo de umidade e classificação climática.

Classificação climática

O clima pode ser entendido como as condições atmosféricas médias de uma região. Os sistemas de classificações climáticas são de grande importância, pois analisam e definem os climas levando em consideração vários elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando a troca de informações e análises posteriores para diferentes objetivos (ROLIM et al., 2007).

A classificação de Köppen-Geiger é o sistema mais utilizado em geografia, climatologia e ecologia. A classificação é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima que nela prevalecente. Assim, as regiões climáticas são caracterizadas para corresponder às áreas de predominância de cada tipo de vegetação. No entanto, essa classificação em certos casos não distingue regiões com biomas muito distintos (KÖPPEN; GEIGER, 1928).

O método de Gaussen, por sua vez, é baseado no ritmo da temperatura e das precipitações no decorrer do ano, por meio das médias mensais. O método procura registrar os períodos considerados favoráveis ou desfavoráveis à vegetação, isto é, os períodos secos e os períodos úmidos, os períodos quentes e os períodos frios. Para obter uma ideia do balanço de água, se utiliza das medições de temperatura e precipitações pluviométricas. O balanço de água, que é o ritmo da temperatura do ar e das precipitações no decorrer do ano, é expresso em duas etapas essenciais e complementares. A primeira é dedicada à determinação do período seco, aquele cujo total de precipitação (mm) é igual ou inferior ao dobro da temperatura do ar (°C). O período seco é um aspecto essencial do clima, pois é o período do ano em que a água existe em quantidade insuficiente ou, mesmo, falta totalmente, o que imprime profundas modificações sobre os seres vivos, particularmente sobre os vegetais (NIMER, 1967).

A segunda etapa do método, além dos elementos temperatura do ar e precipitação pluviométrica, utiliza um terceiro elemento: a umidade atmosférica, em todas as suas formas (inclusive as “precipitações ocultas” – orvalho e nevoeiro), a fim de definir o índice xerotérmico, que representa o número de dias biologicamente secos. Este índice permite diferenciar bioclimas vizinhos possuidores de alguns traços comuns, bem como determinar diversas modalidades climáticas dentro da mesma região bioclimática.

Thornthwaite deu uma grande contribuição ao introduzir ainda, além da precipitação pluviométrica e temperatura do ar, a evapotranspiração potencial como elemento de classificação climática. Para ele não seria possível caracterizar o clima em seco ou úmido, analisando apenas a pluviometria, mas também relacionando-a com as necessidades hídricas ou água necessária para suprir a demanda de evapotranspiração. Além disso, tinha a preocupação comum de Köppen, de levar em conta o clima ecológico, mas representa um maior esforço de sistematização por meio de fórmulas de evapotranspiração potencial e real, constituindo aspecto inovador e construtivo para a classificação climática. Portanto, a classificação climática de Thornthwaite apoia-se em duas grandezas principais que são funções diretas da evapotranspiração potencial: o índice efetivo de umidade e o índice de eficiência térmica (OMETTO, 1981).

Os índices são calculados a partir do balanço hídrico climatológico, que fornece informações da disponibilidade hídrica ao longo do ano, pelo cálculo do excedente hídrico (EXC), deficiência hídrica (DEF) e armazenamento (ARM), retirada e reposição de água no solo. A partir desses valores anuais são definidos os índices que expressam a disponibilidade hídrica (PEREIRA et al., 2002):

$$\text{Índice hídrico } I_h = (\text{EXC}/\text{ETP})/100;$$

$$\text{Índice de aridez } I_a = (\text{DEF}/\text{ETP})/100;$$

$$\text{Índice de umidade } I_u = I_h - 0,61 I_a; \text{ e}$$

$$\text{Índice efetivo de umidade } I_m = (I_u - 0,6I_a).$$

Conforme os índices climáticos de Thorthwaite (1955), os tipos e os sub-tipos climáticos podem ser definidos de acordo com as tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Tipos climáticos em função do índice de umidade (Im) com base na classificação de Thorthwaite (1955).

Tipo climático	Índice efetivo de umidade (Im)
A – Super - úmido	≥ 100
B ₄ – Úmido	$100 > Im \geq 80$
B ₃ – Úmido	$80 > Im \geq 60$
B ₂ – Úmido	$60 > Im \geq 40$
B ₁ – Úmido	$40 > Im \geq 20$
C ₂ – úmido e sub-úmido	$20 > Im \geq 0$
C ₁ – Seco e sub-úmido	$0 > Im \geq -20$
D – Semi-árido	$-20 > Im \geq -40$
E –Árido	$-40 > Im \geq -60$

Tabela 2. Sub-tipos climáticos em função dos valores do índice de aridez (Ia), de umidade (Iu) e em função da distribuição estacional das precipitações pluviométricas.

Climas úmidos		Índice de Aridez (Ia)	Climas úmidos		Índice de umidade (Iu)
r	Pequena ou nenhuma	$0 < Ia \leq 16,7$	d	Pequeno ou nenhum excesso hídrico	$0 < Iu \leq 10$
S	Moderada deficiência	$16,7 < Ia \leq 33,3$	S	Moderado excesso hídrico no inverno	$10 < Iu \leq 20$
W	Moderada deficiência	$16,7 < Ia \leq 33,3$	W	Moderado excesso hídrico no verão	$10 < Iu \leq 20$
S₂	Grande deficiência	$> 33,3$	S₂	Grande excesso hídrico no inverno	> 20
W₂	Grande deficiência	$> 33,3$	W₂	Moderado excesso hídrico no verão	> 20

Na classificação de Thornthwaite, as plantas não são vistas como um instrumento de integração dos elementos climáticos, mas como um meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para a atmosfera. Neste caso, o tipo climático é definido como seco ou úmido relacionado às necessidades hídricas das plantas, ou seja, dependente do balanço hídrico (ROLIM et al., 1997).

Entre os métodos de classificação de regiões bioclimáticas, o de Köppen é o de maior utilização no Brasil, em virtude de se preocupar unicamente com as grandes divisões da vegetação e devido à menor rigidez da fórmula para determinação do mês úmido ou seco. Além disso, foi adaptada para algumas situações da América do Sul por Knoch, 1930 e James, 1930.

Das classificações biogeográficas aplicadas no Brasil, a que ofereceu melhores resultados, quando relacionadas às paisagens fitogeográficas, é a de Gaussen. Entretanto, o método de Thornthwaite, além de levar em consideração também a vegetação, é o mais adequado, quando se pretende comparar distintas regiões climatologicamente aptas para diversas atividades agropecuárias. Esse método tem importantes aplicações na ecologia, na agropecuária e no desenvolvimento de recursos hídricos (ROLIM et al., 1997; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Vale ressaltar que qualquer classificação climática contém imprecisões de diferentes gêneros devido à complexidade de reunir diversos fatores inter-relacionados do ambiente em índices puramente matemáticos. Toda classificação de fenômenos naturais, via de regra, não consegue enquadrar dentro de uma sistemática rígida os fenômenos classificados. Além disso, vários outros fatores não-climáticos exercem influência sobre o caráter da vegetação, tais como a topografia, o tipo de solo e os efeitos das atividades humanas, como agricultura e exploração vegetal.

Resultados e Discussão

Variáveis climáticas

Precipitação pluviométrica

No Estado de Alagoas, as médias pluviométricas anuais variam de 2.000 mm, no litoral, a 400 mm no sertão. Esses valores diminuem gradualmente de leste para oeste, conforme pode ser observado na figura 5.

Na maior parte do estado o total de precipitação pluviométrica anual é superior a 700 mm, caracterizando que as condições naturais não são governadas por um clima de acentuada semiaridez, conforme observado em gran-

de parte do Nordeste brasileiro. Mesmo no sertão alagoano, encontram-se vastas áreas que possuem mais características em comum com as tradicionais zonas agrestinas do que com as áreas sertanejas secas, típicas do Nordeste (MELO, 1980).

Na figura 4 ainda se pode observar que os totais anuais de precipitação pluviométrica mais elevados encontram-se no litoral norte do estado, divisa com Pernambuco, entre os municípios de Maragogi e Jacuípe, com valores médios de 2.000 mm, que vão diminuindo até os municípios de Marechal Deodoro e Coqueiro Seco, com valores da ordem de 1.600 mm.

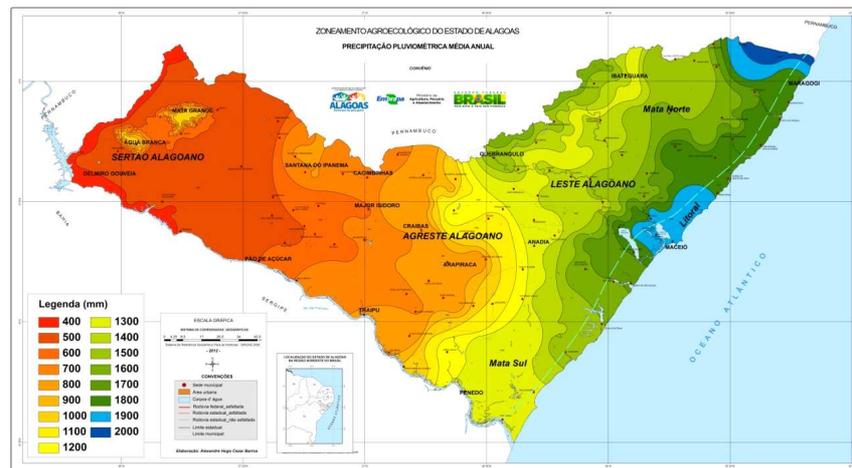


Figura 5. Precipitação pluviométrica média anual para o Estado de Alagoas.

No litoral e na zona da mata predominam cotas pluviométricas entre 1.300 a 1.600 mm, à exceção apenas de áreas onde as feições morfológicas com altimetria elevada, contribuem para ocorrência de precipitações superiores a 1.600 mm.

Na zona da mata há uma faixa subúmida relativamente larga, com pluviosidade inferior a 1.300 mm e superior a 800 mm, devido ao relevo residual mais alto do planalto da Borborema. Esta barreira topográfica força os ventos alísios de SE-E a se elevarem, e por isso, resfriam-se adiabaticamente, condensam e causam chuvas.

A partir do município de Major Isidoro e Jaramataia, a isoieta inferior a 700 mm caracteriza o início da região semiárida do estado. Pode-se verificar, ainda, que a partir da isoieta de 500 mm, têm-se a região mais seca do estado. No extremo oeste do estado, particularmente nos municípios de Delmiro Gouveia, Olho d'Água do Casado e Piranhas, nas margens do rio São Francisco e do Moxotó, as isoietas se reduzem para menos de 400 mm, caracterizando o sertão acentuadamente semiárido.

No extremo oeste do estado ocorrem áreas de exceção mais úmidas devido à influência orográfica, onde as altitudes são elevadas. São áreas circunvizinhas a Santana do Ipanema, com cotas pluviométricas em torno de 700 mm - podendo alcançar valores superiores a 1.000 mm, Inhapi, Água Branca e Mata Grande.

Temperatura do ar

As isothermas médias anuais em Alagoas representadas na figura 6 mostram uma variação da temperatura em todo o estado da ordem de 6°C (21°C a 27°C). Em geral, as isothermas inferiores a 24°C são encontradas no estado, onde as cotas altimétricas são superiores a 300 m, as quais correspondem aos fragmentos do planalto da Borborema.

No litoral e zona da mata, a predominância é de isothermas da ordem de 25°C e 26°C. Nas encostas e remanescentes da Borborema, que se prolonga a partir dos municípios de Ibataguara em direção a Quebrangulo, e no extremo oeste do estado, estendendo-se aos municípios de Água Branca e Mata Grande, observam-se temperaturas médias em torno de 21°C a 23°C. A isoterma média mais elevada está localizada na calha do rio São Francisco, na direção de Delmiro Gouveia a Penedo. Os meses mais quentes, janeiro e fevereiro, variam de 27°C a 32°C, e os mais frios, junho e julho, entre 17°C e 22°C. Nos municípios de Água Branca e Mata Grande, localizados no sertão do estado, são encontradas as temperaturas médias do ar mais amenas.

Nas figuras 7 e 8, verificam-se que as temperaturas do ar médias máximas e mínimas têm variações térmicas da ordem de 4°C a 5°C, respectivamente. Pode-se observar também a influência de dois efeitos na termometria do estado: o primeiro é o orográfico na diminuição das temperaturas máximas e

mínimas em toda encosta do planalto da Borborema, com temperaturas mais amenas. O segundo é a influência dos ventos alísios de SE-E nos tabuleiros costeiros do Estado, onde se verifica também temperaturas mais amenas, notadamente com relação à temperatura média máxima do ar, em torno de 28°C e 29°C.

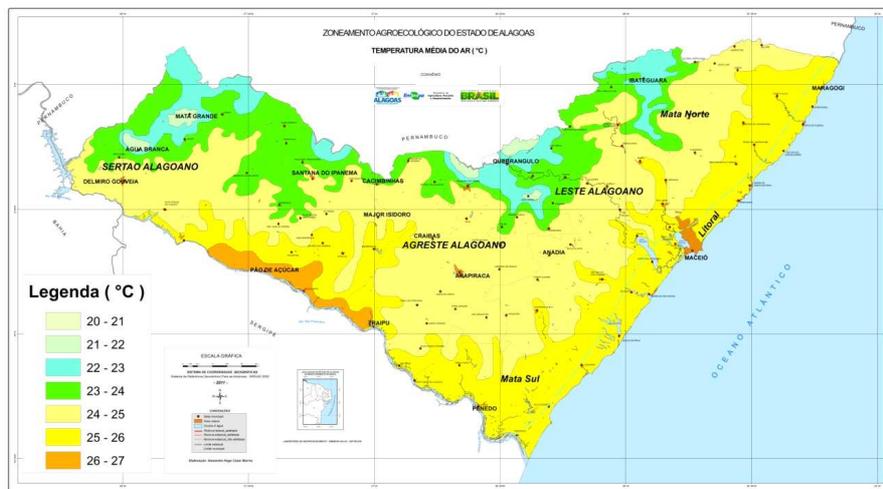


Figura 6. Temperatura média anual do ar para o Estado de Alagoas.

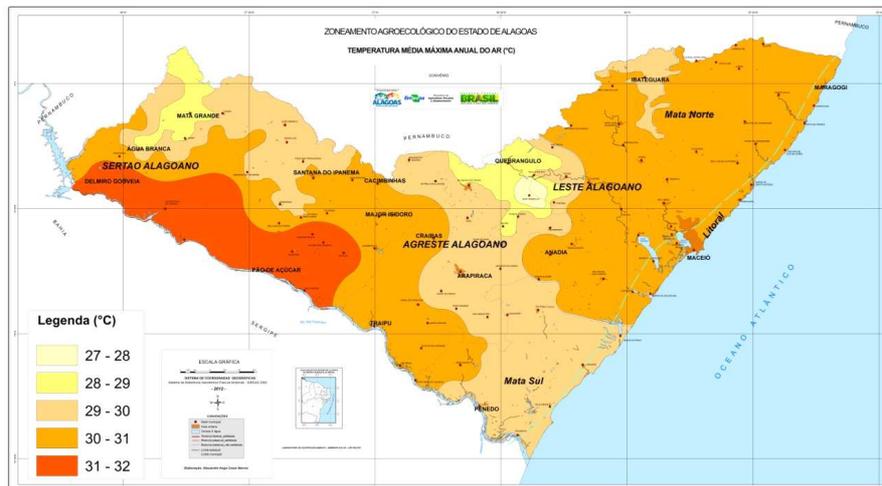


Figura 7. Temperatura média máxima anual do ar para o Estado de Alagoas.

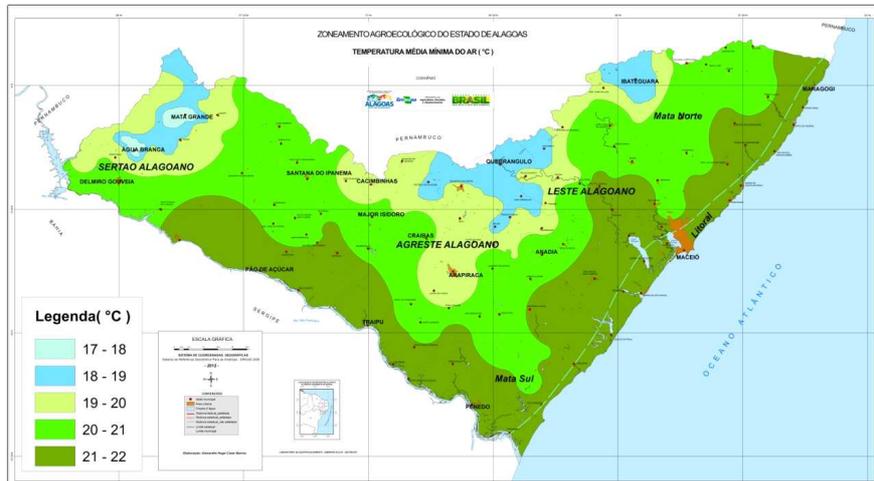


Figura 8. Temperatura média mínima anual do ar para o Estado de Alagoas.

Índice efetivo de umidade

O índice de umidade (Im) sintetiza as condições de umidade de uma região, pois é um resultado baseado em variáveis do balanço hídrico climatológico proposto por Thornthwaite e Mather (1957), como a evapotranspiração potencial, a deficiência e o excedente hídrico anual.

Em Alagoas, a isolinha de valor igual ou superior a zero do Im encontra-se na parte central do estado (direção Norte-Sul), envolvendo os municípios de Palmeira dos Índios, Limoeiro de Anadia e Igreja Nova. Esta linha delimita a transição entre as áreas mais úmidas e secas do estado.

De acordo com os tipos climáticos de Thornthwaite e Mather (1957), os índices de 20 a 40 abrangem todo o litoral e parte da zona da mata, caracterizando regiões úmidas. As regiões subúmidas de 0 a 20 contêm parte da região da zona da mata mais seca, e do agreste mais úmido, que se caracteriza por ser uma região de transição entre o agreste e a zona da mata (Figura 9).

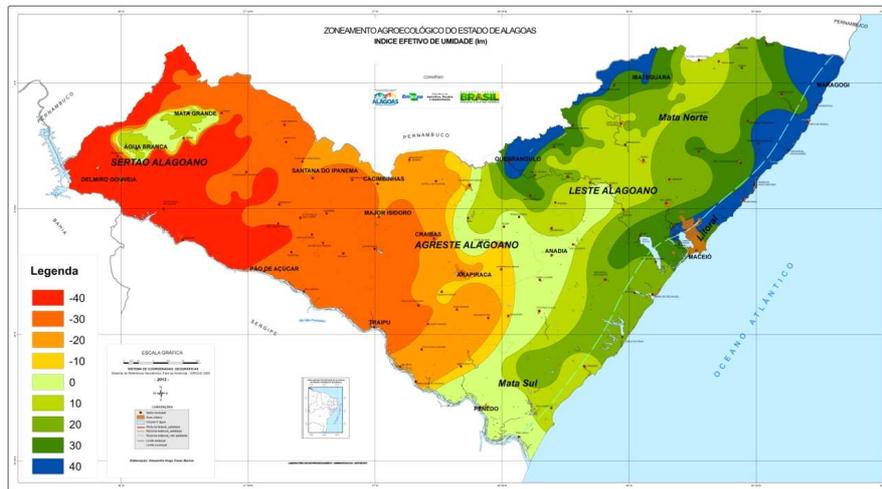


Figura 9. Índice efetivo de umidade para o Estado de Alagoas.

A partir da isolinha zero em direção ao oeste do estado, os tipos climáticos são subúmido, seco e semiárido, com predominância para a transição seco – semiárido (-20 a -30). As áreas com tipo climático semiárido, com I_m menor ou igual a -40, encontram-se no extremo oeste do estado, nos municípios de Delmiro Gouveia, Piranhas e Pão de Açúcar, e nas depressões de Inhapi, Mata Grande e Água Branca.

Evapotranspiração potencial

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 (vegetais) e vem a tornar-se o referencial de máxima reposição de água à cultura, seja pela irrigação ou pela precipitação pluviométrica.

Vale ressaltar que o processo de evapotranspiração é complexo. Dessa maneira, toda estimativa e mesmo medidas de evapotranspiração devem ser utilizados com o máximo de cuidado. Todo cálculo de ETP representa um esforço de sistematização, por meio de fórmulas, da eficiência da temperatura em função da evaporação potencial e da evaporação fisiológica.

No Estado de Alagoas, a ETP é mais elevada na região do sertão, nos municípios de Delmiro Gouveia, Piranhas e Pão de Açúcar, com valores médios da ordem de 1.400 a 1.500 mm. Observa-se que toda a região sob a influência do planalto da Borborema a evapotranspiração é menor, da ordem de 1.100 mm a 1.200 mm (Figura 10).

Verifica-se também que devido à influência dos ventos alísios de SE/E, que penetram na região dos tabuleiros costeiros, a evapotranspiração potencial é menor, quando comparada à região da zona da mata norte e parte do litoral.

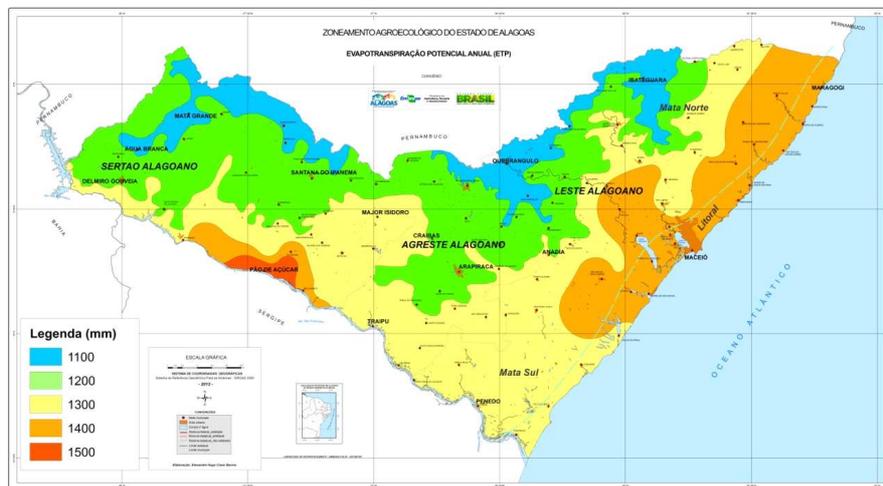


Figura 10. Evapotranspiração potencial anual para o Estado de Alagoas.

Excedente e deficiência hídrica anual

Os maiores excedentes hídricos anuais estão concentrados na zona da mata norte, e vão diminuindo gradativamente na direção da zona da mata sul. Os valores do excedente em toda zona da mata são da ordem de 200 mm a 600 mm (Figura 11).

Nesta região, o total de deficiência hídrica anual é da ordem de 100 mm a 400 mm (Figura 12). Em certos períodos do ano, o balanço hídrico pode se apresentar positivo ou negativo durante o ano, ou seja, períodos de excesso e de falta de água, que é função da capacidade de armazenamento de água no solo (tipo de solo).

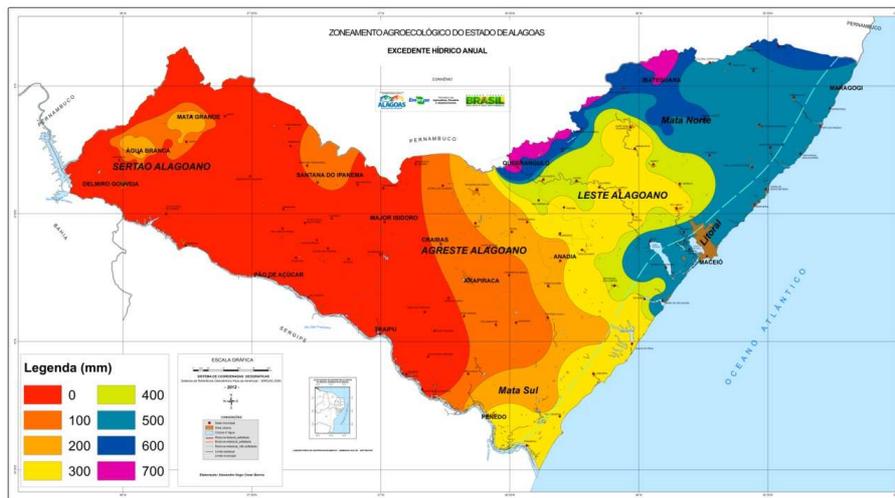


Figura 11. Excedente hídrico anual para o Estado de Alagoas.

Os excedentes hídricos anuais são praticamente zero em todo oeste do estado. Apenas nos municípios de Mata Grande e Água Branca e parte do município de Santana do Ipanema há excedentes hídricos anuais. As isolinhas de deficiência hídrica anual a partir destes municípios alcançam valores superiores a 900 mm na região de Delmiro Gouveia, Pão de Açúcar e Piranhas.

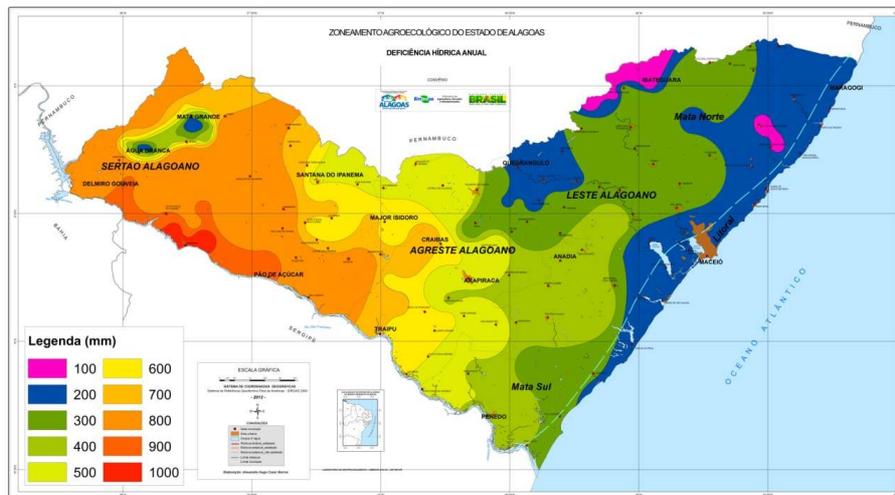


Figura 12. Deficiência hídrica anual para o Estado de Alagoas.

Classificação climática

Gausсен

Na classificação de Gausсен, pode-se observar 6 tipos climáticos: 3aTh, 3bTh, 3cTh, 3dTh e 6a (Figura 13). O numeral 3 dessa classificação expressa que todos os climas possuem características xerotérmicas. A letra “a” indica o caráter xerófito acentuado, com 7 a 8 meses secos; “b” o caráter médio, com 6 meses secos; “c” o caráter atenuado, com 3 a 4 meses secos; e “d”, o caráter de transição, com 1 a 2 meses secos. Entretanto, o numeral 6 representa clima equatorial, com temperatura superior a 20°C no mês mais frio.

De acordo com a classificação de Gausсен, apenas a região da zona da mata norte do estado, na divisa com Pernambuco, tem clima equatorial com 1 a 2 meses secos (Figura 13). Entretanto, pode-se verificar que praticamente toda a zona da mata, tem clima 3dTh, com 1 a 3 meses secos, com índice xerotérmico entre 0 e 40, com predominância de clima quente e úmido.

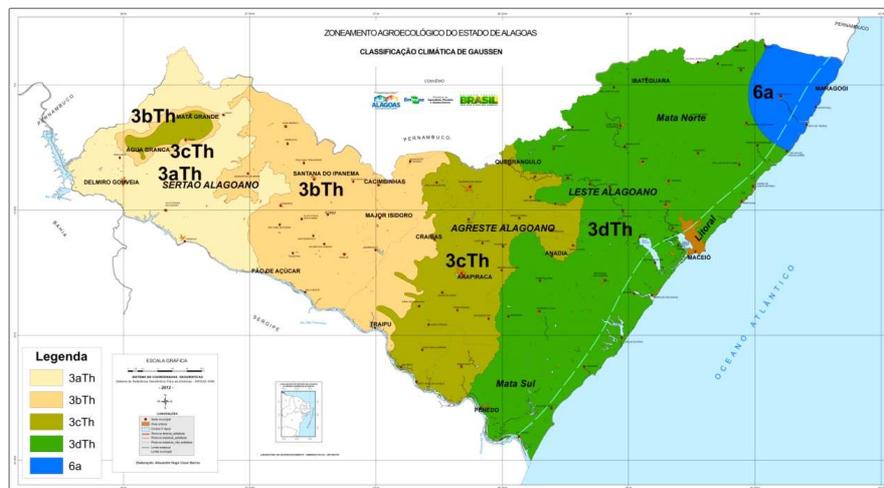


Figura 13. Classificação climática de Gausсен para o Estado de Alagoas.

O restante do estado tem características de caráter xerotérmico mais acentuado, com total de meses secos superior a quatro, que aumenta na direção leste-oeste. Na área de transição entre a zona da mata e o agreste (3cTh), observa-se que o clima tem características de transição, e apresenta 3 a 5

meses secos, com índices xerotérmico da ordem de 40 a 100. O restante do agreste e do sertão tem clima classificado como 3bTh e 3aTh, respectivamente, a exceção dos municípios de Água Branca e Mata Grande, devido a efeitos orográficos provocados pelo Planalto da Borborema.

No agreste, a oeste dos municípios de Craíbas e Traipu, o clima é predominante 3bTh, com predomínio de caatinga hipoxerófila e índice xerotérmico entre 100 e 150. O número de meses secos varia de 5 a 6 meses. Entretanto, no sertão, no extremo oeste do estado, tem-se de 7 a 8 meses secos, limitando bastante as atividades agropecuárias devido à acentuada escassez hídrica, com clima 3aTh e índice xerotérmico entre 150 e 200. É a porção mais seca do estado onde prevalece a vegetação caatinga hiperxerófila.

Köppen

Na classificação climática de Köppen (figura 14), o Estado de Alagoas é dividido em quatro zonas. Na zona da mata norte, nas adjacências dos municípios de Maragogi e Jacuípe, o clima é tropical (Ams'), com matas pluviais, chuvas abundantes e com temperatura do mês mais frio superior a 18°C. Há um pequeno período de seca, mas com um total de chuvas capaz de suprir as demandas de uma floresta tropical. No restante da Zona da mata e litoral e parte de agreste mais úmido, o clima é tropical com chuvas de outono-inverno (As'), com uma estação seca bem definida. Tem seu limite nos municípios de Traipu, Craíbas e Minador Negrão.

No agreste e no sertão, a classificação climática compreende os tipos mais secos (B), BSsh' e BSs'h', nos quais a evaporação excede a precipitação pluviométrica. A vegetação típica é xerófita ou estepe (S), com predomínio de caatinga hipoxerófila no tipo BSsh' e a hiperxerófila no tipo BSs'h', em ambos os casos com verão seco (s) e temperatura média anual (h) superior a 18°C. O uso de s' no tipo climático BSs'h' foi utilizado para diferenciar a ocorrência de chuvas de outono-inverno (s') com relação as de inverno (s), pois a rigor, o indicador do tipo climático s' é utilizado apenas com os grupos A, C e D da classificação de Köppen. Nos municípios de Água Branca e Mata Grande, pode-se observar clima As, mas com temperaturas mais amenas e verão seco bem definido (Figura 14).

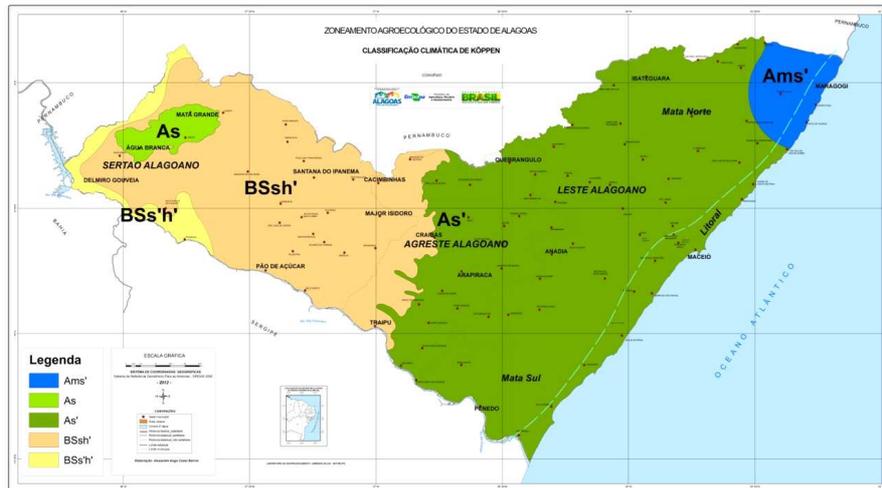


Figura 14. Classificação climática de Köppen para o Estado de Alagoas.

De acordo com a classificação de Köppen, nota-se que grande parte do Estado de Alagoas apresenta climas A (clima tropical), que são caracterizados por apresentar chuvas abundantes, durante todo o ano e com uma estação seca bem definida. Este comportamento pode ser verificado pela vegetação do estado, onde predomina a vegetação de florestas, cerrados e a transição floresta/caatinga hipoxófila.

Thorthwaite

Segundo a classificação de Thornthwaite, seis tipos climáticos predominam em Alagoas (Figura 15). O superúmido ($ArA'a'$), megatérmico, com temperaturas de todos os meses superior a 18°C , pequena ou nenhuma deficiência hídrica e índice de umidade em torno de 100, é encontrado apenas nas áreas mais elevadas do estado, nos municípios de Quebrangulo, Chã Preta, São José da Laje e Ibateguara. A vegetação predominante é a floresta perenifólia e subperenifólia. Pequena parte da zona da mata norte e do litoral tem o tipo climático úmido ($B1sA'a'$), centrados nos municípios de Maragogi e Campes- tre até as imediações de Pilar e Maceió. Este tipo apresenta deficiência hídrica moderada no verão, megatérmico, com índice hídrico entre 40 e 20. Predomina a floresta subperenifólia.



Figura 15. Classificação climática de Thornthwaite para o Estado de Alagoas.

Os tipos megatérmicos subúmido e subúmido-seco predominam na zona da mata e no litoral do estado, este último também na zona de transição entre a região do agreste e da mata. No tipo subúmido ($C2sA'a'$) ocorre maior umidade do solo durante todo o ano, mas apresenta moderada deficiência hídrica no verão, com índice de umidade, entre 20 e 0 e predomina, ainda, a vegetação de floresta (subcaducifólia e caducifólia).

Entretanto, o tipo subúmido-seco ($C1sA'a'$), megatérmico, é um tipo climático um pouco mais seco e apresenta moderada deficiência hídrica no verão, com índice de umidade entre 0 a -20. Este clima se encontra na divisa com o tipo climático semiárido, marcam as áreas de transição entre a vegetação de floresta caducifólia e a caatinga hipoxerófila, notadamente nas divisas dos municípios de Traipu, Igaci, Estrela de Alagoas e Palmeira dos Índios. A partir destes municípios, observa-se o tipo climático semiárido ($DdA'a'$) em toda região do agreste e do sertão, com exceção dos municípios de Água Branca e Mata Grande, que apresenta tipos climáticos de subúmido ($C2sA'a'$) e subúmido-seco ($C1sA'a'$).

Todo o sertão apresenta tipo climático semiárido, megatérmico, com índice de umidade, entre -20 a -40, com pequeno ou nenhum excesso de água.

Nessas áreas, predominam vegetação de caatinga hiperxerófila. Uma pequena área junto à calha do rio São Francisco, nos municípios de Piranhas e Pão de Açúcar, é observado clima árido (EdA'a'), megatérmico, com índice de umidade mais acentuado, entre -40 e -60 e nenhum excesso de água, durante todo o ano.

Conclusões

Em todo o Estado de Alagoas não há grandes oscilações com relação à temperatura do ar;

as cotas pluviométricas no leste alagoano estão entre 1.000 mm a 2.200 mm, no Agreste entre 600 mm a 900 mm e no Sertão entre 400 a 600 mm;

o total médio de evapotranspiração potencial estimado do litoral ao sertão varia entre 1.000 mm ano⁻¹ e 1.600 mm ano⁻¹;

os valores de excedente hídrico na estação chuvosa em toda zona da mata são da ordem de 200 mm e 600 mm e o total de deficiência hídrica anual varia de 200 mm e 400 mm;

as cotas de deficiência hídrica anual no sertão ultrapassam o valor de 500 mm, alcançando valores superiores a 900 mm na região de Delmiro Gouveia, Pão de Açúcar e Piranhas;

segundo a classificação de Thornthwaite e Gauseen, predominam seis tipos climáticos em Alagoas; e na classificação climática de Köppen o Estado de Alagoas é dividido em quatro zonas climáticas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Governo do Estado de Alagoas, por meio da Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Agrário, pelo apoio e o financiamento deste estudo.

Referências

- BRASIL. Ministério da Aeronáutica. Diretoria de Rotas Aéreas. **Tabelas climatológicas**. Rio de Janeiro, 1967. v.1, 29p.
- ELLIS, J.; VALENÇA, A. S. **Desvio padrão da temperatura média mensal no Brasil**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 1982. 75 p. (INM. Boletim Técnico, 22).
- KNOCH, K. Klimakunde von Südamerika. In: KOPPEN, W.; GEIGER, R.(Ed.). **Handbuch der klimatologie**. Berlin: Borntraeger, 1930. 349 p. 2 v.
- KÖPPEN, W. **Das geographischa system der klimate**. Gebr, Borntraeger, 1936. p.1-44
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928. n.p.
- KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T.: Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. **Journal of Climatology**, v.7, p.1131-1143, 1994.
- KOUSKY,V.E.; GAN,M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the Tropical South Atlantic,. **Tellus**, v33, p.538-551, 1981.
- MELO, M. L. **Os Agrestes: estudos dos espaços nordestinos do sistema gado-policultura de uso dos recursos**. Recife: SUDENE, 1980. 554p. (SUDENE. Estudos Regionais, 4).
- MENDONÇA, F. DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.
- MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira Meteorologia**, v.17, p.1-10, 2002.
- MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynarnics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experirnents with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Science**, v.38,n.12, p.2653-2675, 1981.

NIMER, E. As novas classificações bioclimáticas e suas aplicações no Brasil. In: **Curso de Geografia para professores do Ensino Superior. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística.** Rio de Janeiro; IBGE, 1967. 222 p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE -Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais,. 1989. 422 p.

NOBRE, C. A.; MOLION, L.C.B. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Climanálise – Número Especial, Edição Comemorativa de 10 anos, INPE.** São José dos Campos, SP, 1986. 125 p.

PAZ, J. E. (Coord.). **Dados pluviométricos mensais do Nordeste: Estado de Pernambuco.** Recife: SUDENE, 1990. 363 p. (SUDENE. Série Pluviometria, 6).

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v.66, p.711-720. 2007.

SUDENE. **Normas climatológicas da área da SUDENE.** Recife, 1963. 82 p.

THORNTHWAITTE, C. W.; MATHER, J. R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance.** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology, 1957. 311p. (Publications of climatology. v.10, n.3).

THORNTHWAITTE, C.W. Problems in the classification of climates. **The Geographical. Review.** v.33, p.233-255, 1948.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda, 1981. 413p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda. 2002. 478p.

Embrapa

Solos