

Relevo como fator intensificador das ondas de calor em Alagoas

Dálete Maria Lima de Sousa¹
Anne Karolyne Pereira da Silva¹
Rafael Wendell Barros Forte da Silva¹
David Harley de Oliveira Saraiva¹
Francisco de Assis Franco Vieira¹
João Victor Benevides de Castro¹

¹Laboratório de Geomática Aplicada - Departamento de Engenharia de Transportes -
Centro de Tecnologia - Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici - Bloco 703 -
60440-554 Fortaleza CE Fone/Fax: (85) 3366-9488
dalete@det.ufc.br;anne@det.ufc.br; rwsilva@det.ufc.br; dharley@det.ufc.br;
assisfranco@det.ufc.br; jvbenevides@gmail.com.

Abstract: Heat waves are a reality increasingly recurrent in society, especially in urban centers; its source is given by abnormal warming of the earth's surface which is the result of several factors, on a local scale, as urbanization and deforestation, and a global proportions as the reduction of the ozone layer, warming oceans, etc. These phenomena concentrators of temperature, generate the most diverse consequences, since cases of fatigue to more serious events such as the death of the patient. In this scenario, this study has a purpose analyze the influence of relief at the heat waves of Alagoas state. The study splits in two ways, first a analyses using raw data, obtained from meteorological stations the National Institute of Meteorology (INMET), local characteristics, such as temperature, humidity and rainfall; in parallel, through literature reviews it was made the framework of the particularities of the region according to the climatic classification of Thornthwaite, exploring other parameters as hipsometria and geomorphology of Alagoas, using concepts already established in the literature. Finally, by means of a spatial and temporal analysis the information presented was compared, proposing possible explanations for the oscillation phenomena, by interpretation of data obtained in the literature and analysis of time series and considering the performance of the local relief on the variation of the parameters.

Keywords: relief of Alagoas, geomorphology, QGIS, Thornthwaite, extreme thermal

1. Introdução

A temperatura em nosso planeta está se intensificando a cada dia. Esse fenômeno conhecido como Aquecimento Global possui diversos fatores que amplificam a temperatura na superfície terrestre. Segundo o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, estabelecido em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), temos:

“As mudanças na quantidade de gases de efeito estufa e aerossóis da atmosfera, na radiação solar e nas propriedades da superfície terrestre alteram o equilíbrio energético do sistema climático. Essas mudanças são expressas em termos do forçamento radiativo, que é usado para comparar a forma como os fatores humanos e naturais provocam o aquecimento ou o esfriamento do clima global” (ALLEY, IPCC, 2007, pág 3).

Dentre as diversas consequências causadas por essa elevação das temperaturas médias, um fator recorrente nas áreas continentais são as Ondas de Calor, definido no *Heat Wave Duration Index* (HWDI) da Organização Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization- WMO), como uma variação superior a 5°C em relação ao valor médio diário de referência, durante no mínimo seis dias consecutivos. Esse fenômeno térmico é bastante perceptível em grandes cidades, sendo abordado em diversos estudos; dentre estes, merece destaque a onda de calor em Memphis nos EUA que durou 26 dias consecutivos e provocou 83 óbitos, afetando principalmente idosos e crianças os quais compõem a parcela mais

vulneráveis da sociedade. (CALADO 2004; FILHO 2010). Na Europa, na onda de calor de 2003 causou a morte de mais de 70.000 pessoas. (ROBINE et al. 2008)

Os fatores climáticos que contribuem para o aumento da morbidade e da mortalidade, não estão apenas relacionados com a combinação de temperaturas diurnas e noturnas extremamente altas, mas também com os valores elevados de umidade relativa e com a duração da onda de calor. (ALMEIDA, 2012, pág 33).

O nosso Planeta já aqueceu ao longo do último século, com um aumento médio da temperatura em 0,6 °C (Hewitt, 2008). O Aquecimento generalizado do Planeta acompanhado por uma série de alterações da temperatura e regimes de precipitação, a variabilidade sazonal, extremos de verões demasiados quentes e secos e invernos intensamente frios e chuvosos, correlaciona-se com a variação da incidência das doenças influenciadas pela oscilação climática e ao maior número da frequência de ocorrência de episódios de estresses térmicos, como é o caso das ondas de calor. (CONNOR, THOMSON, & MENNE, 2008).

De acordo com Marto (2005), “O excesso a exposição ao calor pode provocar câibras, esgotamento, fadiga térmica, síncope (desmaio), exaustão pelo calor, golpe de calor e Acidentes Vascular Cerebral (AVC)”. Diante desse cenário, o presente projeto vem propor que além das causas já citadas das ondas de calor que afetam o Estado Alagoano, o Relevo local pode atuar como fator de intensificação desse fenômeno, podendo ter consequências preocupantes para a sociedade. (HAJAT et al., 2002).

2. Metodologia de Trabalho

O Estado de Alagoas localiza-se no Nordeste Brasileiro e possui uma área total de 27.848,003 Km², contando com 102 municípios, uma população de 3.120.494 habitantes e uma densidade demográfica de 112,33 hab./km², dados do último censo de 2010 realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A pesquisa a ser realizada nesse artigo se deu por revisões bibliográficas buscando a fundamentação teórica necessária, baseado na análise de fenômenos térmicos ocorridos em diversas partes do Estado de Alagoas. A exploração de séries históricas dos postos de coleta permitiu uma análise espacial das regiões abrangidas por esses dados e ter uma visão acoplada à variação desses fenômenos em relação ao relevo local. Obtiveram-se os dados mensais de cinco postos meteorológicos, sendo estes: Água Branca, Maceió, Palmeira dos Índios, Porto das Pedras e Pão de Açúcar. Analisaram-se dados médios de cada posto, em uma variação temporal de 10 anos, sendo estes de janeiro de 2006 a dezembro de 2015, nos quais foram analisados parâmetros como precipitação total, temperatura média, evapotranspiração potencial e evapotranspiração real.

As informações referentes aos postos pluviométricos tiveram como fonte os dados à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através do acesso ao seu banco de dados em forma digital, as séries históricas das várias estações meteorológicas são referentes às medições mensais, de acordo com as normas técnicas internacionais da Organização Meteorológica Mundial. No tratamento dos dados utilizou-se o software gratuito QGIS de código aberto disponível segundo os termos da Licença Geral Pública (GNU), empregado também na elaboração das figuras deste artigo, em sua versão atualizada 2.14.3 ‘Essen’ para Windows, lançada em 20/05/2016, disponível também nas versões MacOS X, Linux e Android.

2.1. Relevo Alagoano

Os postos estão localizados em diferentes altitudes ao longo da extensão territorial alagoana, sendo representados na Figura 1. O relevo alagoano varia de zonas de baixa altimetria, nível do mar, até altitudes de 894m. A cidade de Água Branca possui as maiores altitudes, seguida de Palmeira dos Índios, Pão de Açúcar, Porto das Pedras e Maceió.

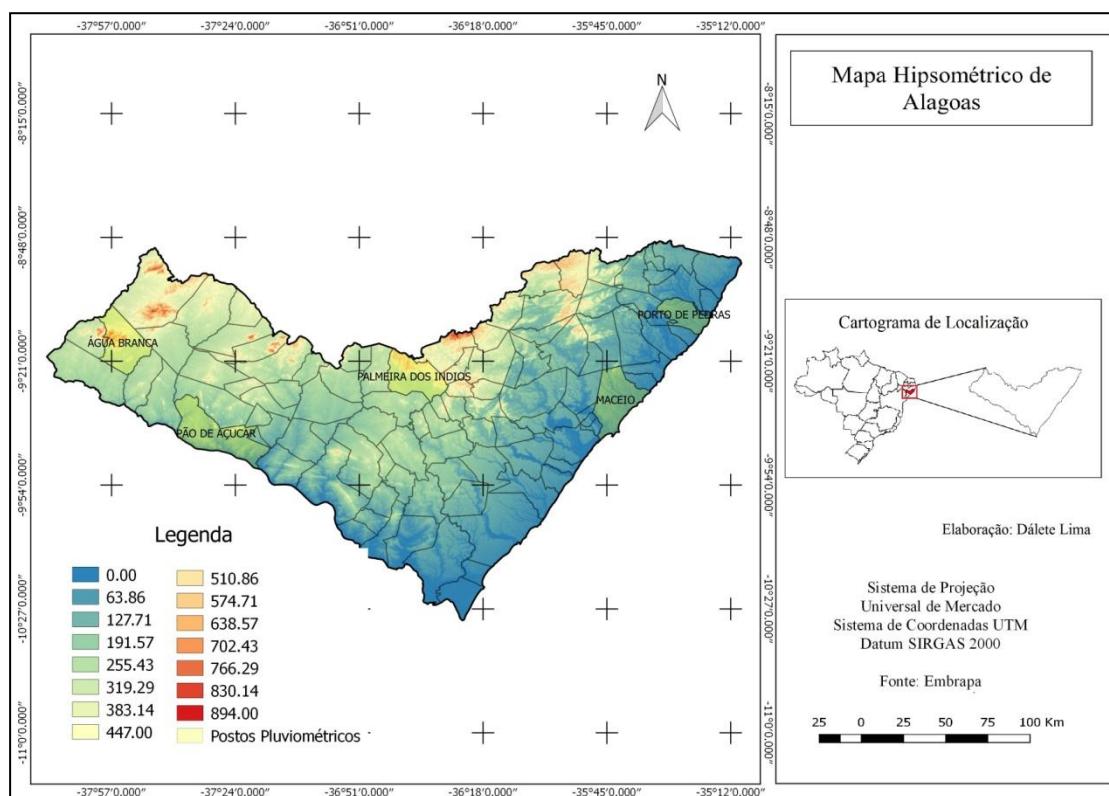


Figura 1 - Mapa Hipsométrico Alagoano.

2.2. Geomorfologia de Alagoas

É importante salientar que os postos escolhidos estão em diferentes cidades do estado de Alagoas e possuem uma influência local por parte da geomorfologia do estado alagoano como visualizado na Figura 2. Estando as cidades de Água Branca e Pão de Açúcar inseridas totalmente no Pediplano do Baixo São Francisco; Palmeira dos Índios, parte no Pediplano do Baixo São Francisco e outra nas Encostas Orientais; enquanto a cidade de Porto das Pedras é localizada na zona de Planícies Deltaicas, Estuarinas e Praias, Várzeas e Terraços Aluviais e Tabuleiro Dissecado de Vaza-Barris; Maceió Planícies Deltaicas, Estuarinas e Praias além de Várzeas e Terraços Aluviais.

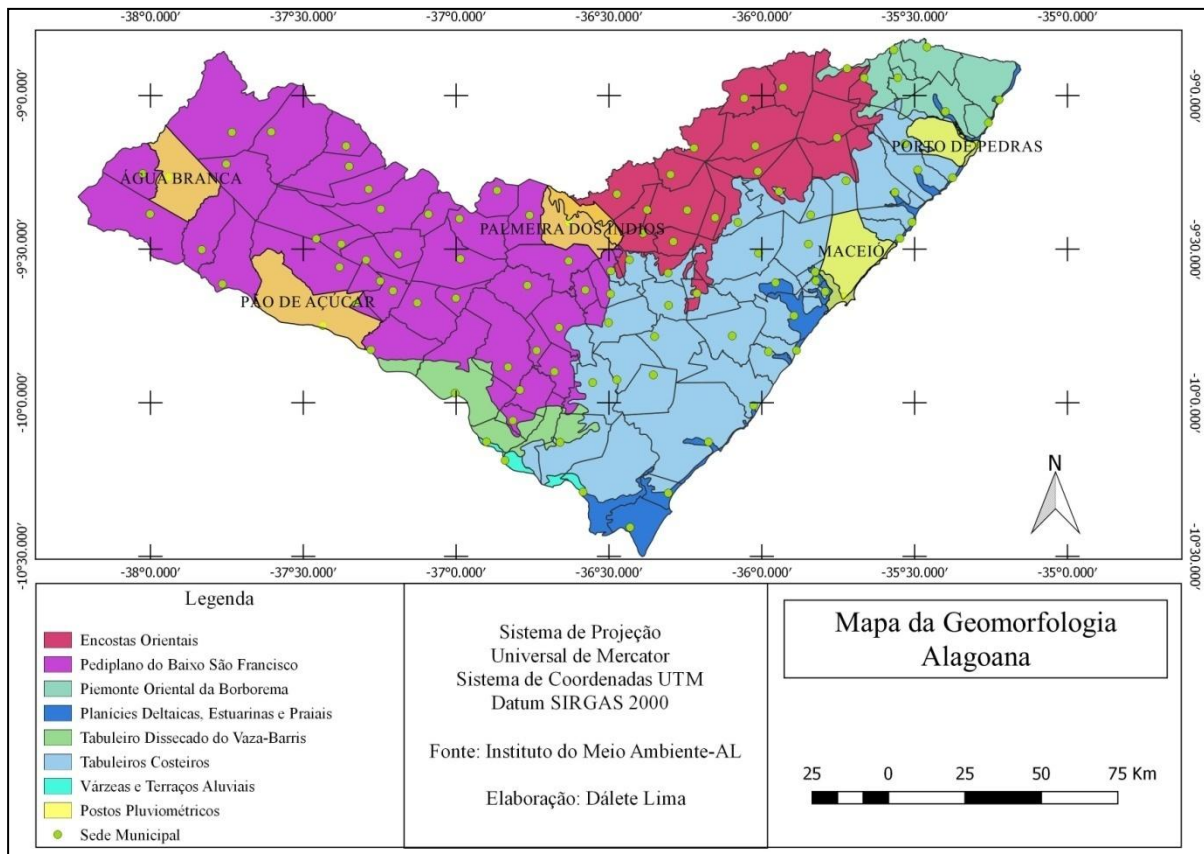


Figura 2 - Geomorfologia do estado de Alagoas.

Fundamentando-se no Estudo de Impacto Ambiental (EIA), realizado no estado de Alagoas, pelo Ministério de Transportes do Governo Brasileiro, verifica-se as seguintes características de cada domínio geomorfológico:

- Encostas Orientais - são áreas intensamente dissecadas e rampeadas direcionada ao litoral possuindo altitudes compreendidas entre 200m e 500m.
- Planícies Deltaicas, Estuarinas e Praias são grupamentos originários dos ambientes marinho, fluvio-marinho, eólico e lacustre.
- Várzeas e Terraços aluviais – conjunto rebaixado, com altitudes máximas um pouco acima dos 100 m.
- Tabuleiro Dissecado de Vaza-Barris - áreas que possuem altitudes em torno de 500m, eventualmente alcançando 600 m.
- Pediplano do Baixo São Francisco - áreas que possuem feições morfológicas diferenciadas devido a fatores climáticos ou interferências tectônicas, variando desde a ocorrência de áreas intensamente dissecadas com cristas orientadas, até aquelas aplanadas com indícios deste controle. A cota varia dos 200m aos 900m podendo atingir mais de 1000m, em casos extremos.

2.3. Classificação climática Thornthwaite.

Ao se analisar as características locais das ondas de calor, um aspecto relevante é a análise do clima local. Atualmente o método de Köppen é o mais usual sendo um sistema de classificação climática global, fundamentado na ecologia e na fitossociologia, criado no preceito de que a vegetação natural da Terra é uma expressão do clima que nela é majoritário (ROLIM, 2007). Já o método de Thornthwaite é baseado no balanço hídrico da atmosfera local, analisando o meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para a atmosfera,

sendo comumente utilizado para fins agrícolas. Entretanto, estudos realizados nos Estados Unidos (Balling, 1984), revelaram uma maior sensibilidade desse método no enquadramento dos climas de cada região.

“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”. (FRANCISCO 2015 apud BARROS & SILVA, 2012).

Sendo assim utilizar-se-á do método de Thornthwaite, para fins de análise da atmosfera envolvida no estado alagoano, visto que se tem por objetivo a análise mais detalhada do efeito do relevo nas ondas de calor. O mapa apresentado a seguir, Figura 3, possui sua subdivisão em seis classes variando do árido ao superúmido, as quais possuem características oscilantes do tipo de clima em função do índice de umidade.

“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) e deficiência hídrica (DEF), retirada e reposição de água no solo. A partir desses valores anuais são definidos os índices que expressam a disponibilidade hídrica” (FRANCISCO 2015 apud PEREIRA et al., 2002).

Para a classificação climática pelo método de método de Thornthwaite, foram usadas as equações (1),(2),(3),(4) e (5), descritas a seguir:

▪ Deficiência Hídrica:
 $DEF = ETP - ETR \quad (1)$

▪ Excedente Hídrico:
 $EXC = P - ETP \quad (2)$

▪ Índice hídrico:
 $Ih = 100 \left(\frac{Exc}{ETP} \right) \quad (3)$

▪ Índice de aridez:

$$Ia = 100 \left(\frac{Def}{ETP} \right) \quad (4)$$

▪ Índice de umidade:

$$Iu = Ih - Ia \quad (5)$$

Os tipos climáticos utilizados, segundo o método de Thornthwaite e Icrisat, são seis, como descritos na Tabela 1 abaixo, de acordo com o índice de umidade.

Tabela 1– Tipos climáticos segundo Thornthwaite (1948) e Icrisat (1980), baseados no índice de umidade (Iu).

| TIPO DE CLIMA | | ÍNDICE DE UMIDADE |
|----------------|---------------|-------------------------|
| A | Superúmido | $Iu \geq 100$ |
| B | Úmido | $20 \leq Iu < 100$ |
| C ₂ | Subúmido | $0 \leq Iu < 20$ |
| C ₁ | Subúmido Seco | $-33,3 \leq Iu < 0$ |
| D | Semiárido | $-66,7 \leq Iu < -33,3$ |
| E | Árido | $-100 \leq Iu < -66,7$ |

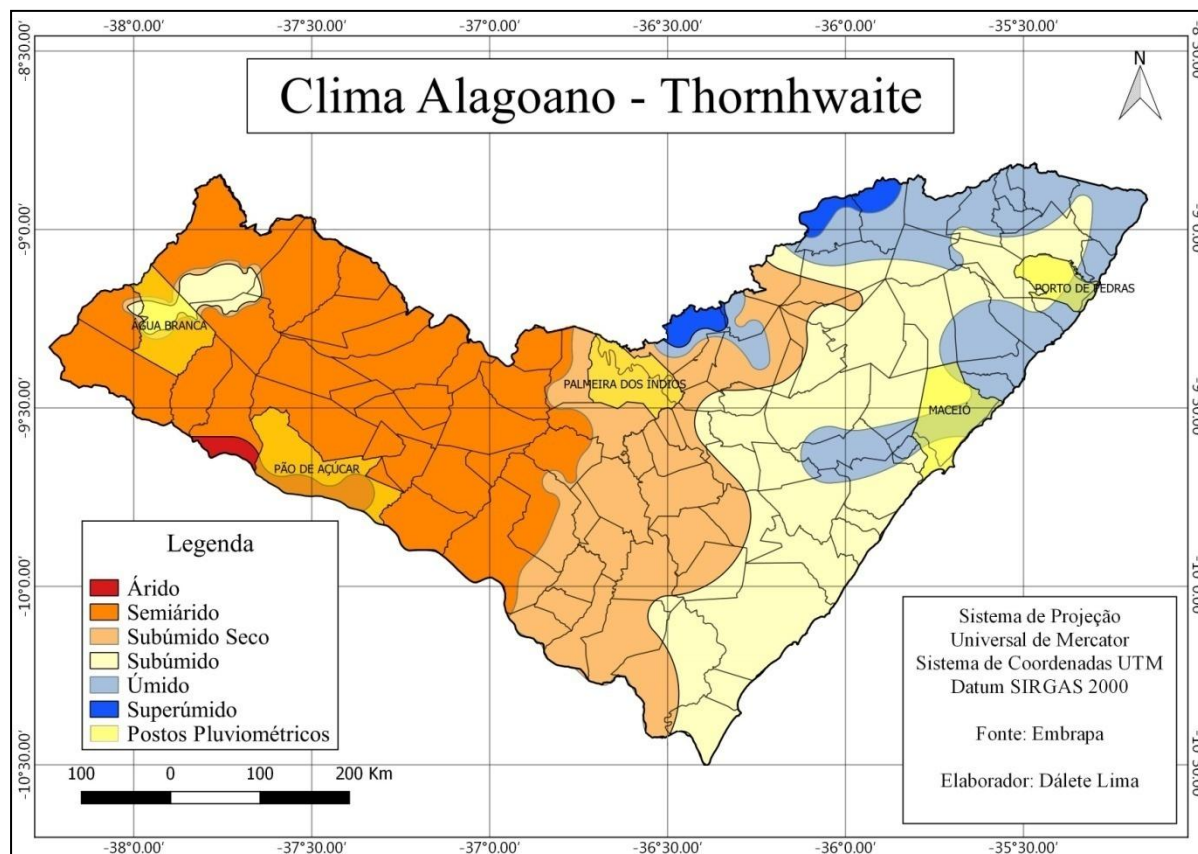


Figura 3- Clima de Alagoas, método de Thornthwaite.

Segundo manuais de zoneamento ecológico econômico (JURCA, 2005), a classificação anterior pode ser sucedida de algumas especificações, caracterizando cada clima de acordo com as temperaturas, índices de umidade e precipitação média anual, seguem-se as definições:

E – Árido ($-100 \leq Iu < -66,7$), especificado por regiões com índices de chuva inferior a 800 mm, e temperaturas superiores a 26°C.

D – Semiárido: ($-66,7 \leq Iu < -33,3$), caracterizada por regiões com baixos índices pluviométricos, geralmente a média anual abaixo de 850mm, vinculado a temperaturas médias anuais superando 25°C.

C1 – Subúmido seco: ($-33,3 \leq Iu < 0$), média pluviométrica anual flutua de 850 a 1100mm, em média 975mm. Possui temperaturas médias anuais mais amenas compreendendo uma faixa que pode variar de 21 a 25°C, sendo em média 23°C, reduzindo assim a taxa de evapotranspiração o que resulta em índices de umidade pouco maiores.

C2 – Subúmido: ($0 \leq Iu < 20$), o índice pluviométrico anual varia em torno de 1100 a 1400mm, em média 1200mm com uma temperatura média anual em torno de 22,0°C caracteriza-se por uma zona de transição de climas mais secos para aqueles caracterizados como úmidos.

B – Úmido: ($20 \leq Iu < 40$), a chuva acumulada durante o ano, varia em torno de 1400 a 1700 mm, média 1550 mm. A temperatura média anual oscila de 18 a 23°C, mensurando-se como referência 20°C.

A – Superúmido: ($Iu \geq 100$), as temperaturas médias anuais são inferiores a 14°C, apresentando precipitações médias acumuladas superiores a 1750 mm.

Dessa forma, podem-se caracterizar as cidades nas quais os postos pluviométricos foram estudados. A cidade de Água Branca caracteriza-se por um clima variável, possuindo zonas de subúmido, subúmido seco e semiárido, logo deve possuir precipitações médias anuais variáveis entre 850 a 1400mm e temperaturas médias de 22 a 25°C. Já a cidade Pão de Açúcar, abrangida por zonas de árido e semiárido, precipitações e temperaturas médias anuais flutuantes entre, 850 a 1100mm e 21 a 25°C, respectivamente. No centro do estado alagoano, o município de Palmeira dos Índios, está totalmente inserido uma região classificada como subúmido seco, com precipitações da ordem de 850 a 1100mm e temperaturas de 21-25°C. Aproximando-se da zona costeira, tem-se a capital do estado Maceió, e a cidade Porto das Pedras, ambas com classificação subúmido e úmido, com precipitação da ordem de 1400 a 1700mm e temperatura média anual oscilante entre 18 e 23°C.

3. Resultados e Discussão

Em termos de caracterização do tema abordado, na Tabela 2 apresenta-se uma síntese geral dos parâmetros já descritos, visando analisar a oscilação dos conceitos já consagrados na literatura em contraste com os dados analisados no tratamento das séries temporais dos postos meteorológicos.

Tabela 2- Parâmetros por cidade analisada.

| Cidades | Relevo (m) | Geomorfologia | Precipitação Média Anual (mm) | Temperatura Média Anual (°C) |
|----------------------------|------------|---|-------------------------------|------------------------------|
| Água Branca | 319,29 a | Pediaplano do Baixo | 850 a 1400 | 22 a 25 |
| | 830,14 | São Francisco | | |
| Pão de Açúcar | 63,86 a | Pediaplano do Baixo | 800 a 1100 | 21 a 26 |
| | 319,29 | São Francisco | | |
| Palmeira dos Índios | 255,43 a | Pediaplano do Baixo | 850 a 1100 | 21 a 25 |
| | 766,29 | São Francisco/ Encostas Orientais | | |
| Maceió | 0 a 63,86 | Planícies Deltaicas, Estuarias e Praias/ Várzeas e Terraços | 1400 a 1700 | 18 a 23 |
| | | Aluviais. | | |
| Porto das Pedras | 0 a 127,71 | Planícies Deltaicas, Estuarias e Praias/ Várzeas e Terraços Aluviais/ Tabuleiro Dissecado de Vaza- Barris. | 1400 a 1700 | 18 a 23 |

Para melhor representar as características do local, fez-se o cálculo da sua representatividade por áreas, à extensão do domínio de cada posto de coleta, através do uso de uma média ponderada dos parâmetros em relação a cada esfera de atuação, obtendo-se valores mais pontuais, descritos na tabela posterior, visando a melhor avaliação da correlação entre as séries históricas e os valores apresentados na literatura.

Tabela 3 - Parâmetros médios das cidades analisadas.

| Cidades | Relevo (m) | Precipitação Média Anual (mm) | Temperatura Média Anual (°C) | Índice de Umidade |
|---------------------|------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Água Branca | 457,96 | 960 | 24,8 | $-66,7 \leq Iu < 20,0$ |
| Pão de Açúcar | 268,20 | 840 | 25,3 | $-100 \leq Iu < -33,3$ |
| Palmeira dos Índios | 370,16 | 1200 | 22,0 | $-33,3 \leq Iu < 0$ |
| Maceió | 31,12 | 1370 | 21,3 | $0 \leq Iu < 40,0$ |
| Porto das Pedras | 51,08 | 1320 | 21,5 | $0 \leq Iu < 40,0$ |

Através da análise de séries temporais pôde-se comparar as oscilações presentes nas cidades estudadas, analisou-se uma variação de 10 anos, de 2006 a 2015, caracterizando-se assim como uma amostragem temporal. O primeiro parâmetro a ser analisado foi precipitação anual média, realizando um paralelo entre a tabela acima, que possui parâmetros consagrados na literatura, e a análise das series temporais dos postos meteorológicos.

A sequência crescente de temperatura segundo a literatura deveria apresentar a seguinte ordem: Pão de Açúcar, Água Branca, Palmeira dos Índios, Porto das Pedras e Maceió; através das análises das séries temporais a sequência foi similar, Pão de Açúcar (572,16mm), Palmeira dos Índios (941,87mm), Água Branca (1021,80mm), Porto das Pedras (1730,69mm) e Maceió (1932,11mm); entretanto, nos casos de Pão de Açúcar e Palmeira dos Índios, foram observados valores inferiores aos obtidos na literatura, enquanto os demais os valores obtidos foram superiores.

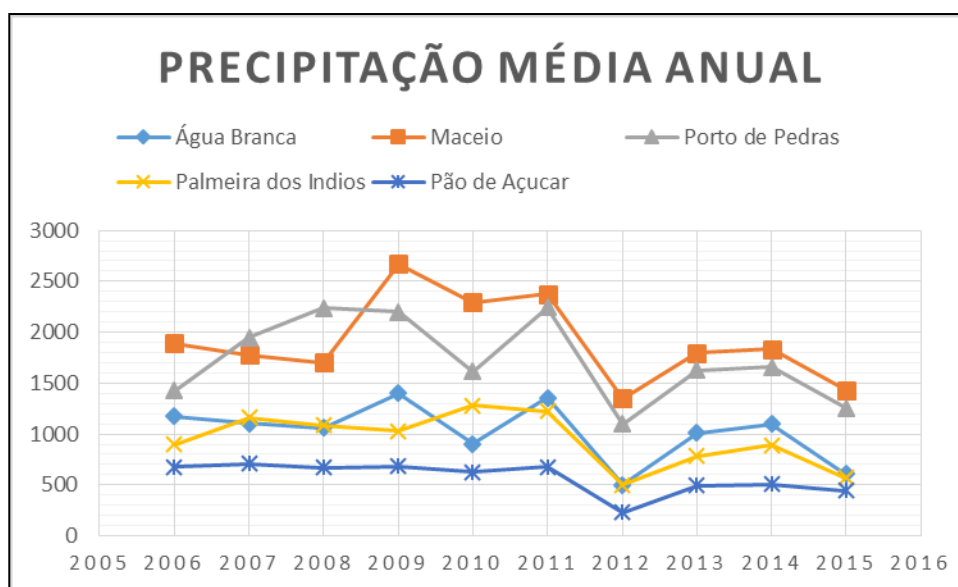


Figura 4- Precipitação Média Anual

Um aspecto relevante é o relevo dessas cidades, aquelas que tiveram valores superiores aos da literatura pode ser devido sua proximidade com o litoral como no caso de Maceió e Porto das Pedras, altitudes da ordem de 20 a 50m, ou o relevo pode atuar como barreira natural levando a acessão de massa de ar quente e úmida e a descendência de massa de ar seca e fria, como no caso das demais cidades, gerando zonas de Barlavento ou Sotavento, que leva,

respectivamente, a um aumento ou redução das precipitações locais. No caso de Água Branca, aumentando as precipitações locais. E nas cidades de Pão de Açúcar e Palmeira dos Índios reduzindo a sua pluviometria.

O segundo parâmetro a ser analisado é a temperatura média anual, segundo os estudos literários a sequência crescente é a seguinte: Maceió (21,3°C), Porto das Pedras(21,5°C), Palmeira dos Índios (22,0°C), Água Branca (24,8°C) e Pão de Açúcar (25,3°C), também apresentada na Tabela 3. Entretanto, na análise das séries históricas, Água Branca aparece com as temperaturas mais amenas – na faixa de 22°C, quando na literatura deveria apresentar temperaturas de aproximadamente 25°C, sendo importante salientar a presença dessa cidade em zonas de altas altitudes da ordem de 457m, sendo a redução do gradiente térmico é de 0,6°C a cada 100m segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Durante a radiação solar que incide sobre a Terra, apenas uma parcela desta atinge a superfície terrestre, sendo parte absorvida e outra refletida. Porção dessa energia refletida retorna a atmosfera na forma de ondas longas, com o incremento da altitude essa energia se dispersa e reduz sua intensidade, logo há um abrandamento da temperatura com o aumento da altitude.

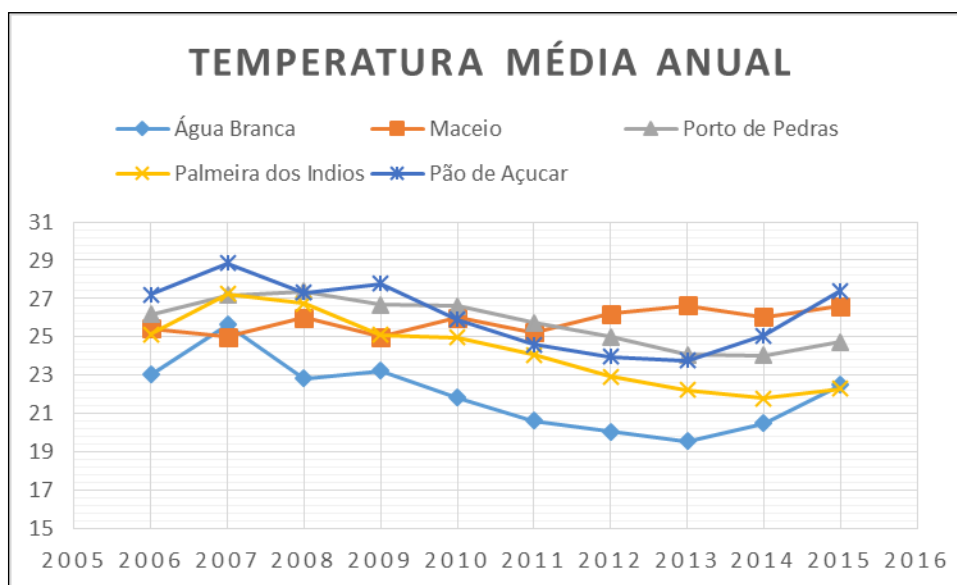


Figura 5 - Temperatura Média Anual.

As demais cidades também apresentaram valores bastante superiores, o maior destaque foi Maceió com variação superior a 4°C em relação à literatura, pode-se ter como justificativa o fato de ser uma cidade litorânea, bastante urbanizada e com baixas altitudes, da ordem de 30m. A sequência da Figura 5 é obtida a seguir: Água Branca (22°C), Palmeira dos Índios (24,3°C), Porto das Pedras (25,8°C), Maceió (25,8°C) e Pão de Açúcar (26,2°C). Quanto mais acentuadas as temperaturas, pode vir a interferir diretamente com as ondas de calor local.

O último parâmetro a ser analisado é o índice de umidade obtido segundo a classificação climática de Thornthwaite, como apresentado na Tabela 3 acima. Os parâmetros relativos ao índice de umidade variam na região entre Pão de Açúcar ($-100 \leq Iu < -33,3$), Maceió ($0 \leq Iu < 40$), Água Branca ($-66,7 \leq Iu < 20$), Palmeira dos Índios ($-33,3 \leq Iu < 0$) e Porto das Pedras ($0 \leq Iu < 40$); todavia, os valores obtidos tiveram como médias para cada cidade: Pão de Açúcar (-93,63), Maceió (-46,80), Água Branca (-41,11), Palmeira dos Índios (-34,00) e Porto das Pedras (2,63). A oscilação dos preceitos obtidos da análise de séries flutua em relação aos valores consagrados na literatura. Como mostra a Figura 6:

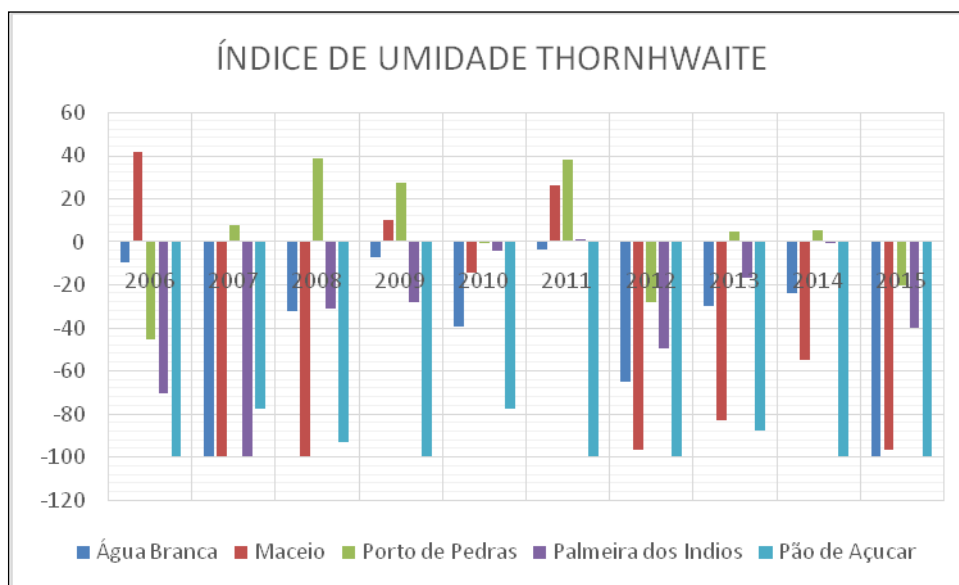


Figura 6 - Índice de Umidade Método de Thornthwaite.

Os valores mais discrepantes foram os da cidade de Maceió, que oscilou em -46,8 quando o seu menor extremo era zero, novamente pode ser influenciado pela urbanização da cidade. Os menores valores de índice de umidade foram registrados nas cidades de Pão de Açúcar, Água Branca e Palmeira dos Índios, que possuem as maiores altitudes: acima de 270m, altitudes estas consideravelmente acima das demais que são da ordem de 30 a 50m. Estes parâmetros apresentam-se inversamente proporcionais, já que o índice de umidade reduz com o aumento da altitude, podendo intensificar as ondas de calor dessas regiões.

4. Conclusão

As ondas de calor podem ser fortemente influenciadas pelas características do relevo. Assim, diante de todos os elementos analisados no presente estudo, como as séries meteorológicas, foi realizada uma correspondência entre diferentes aspectos, além de um paralelo entre os dados obtidos na literatura e os medidos em campo.

Deste modo, o presente estudo observou que os parâmetros são variáveis em função do relevo, sendo alguns intensificados, e outros abrandados. No caso da precipitação, a altitude atuou como intensificador ou amenizador do volume precipitado, respectivamente, zonas de Barlavento e Sotavento, em alguns casos acima dos valores previstos na literatura. A temperatura é reduzida com o aumento da altitude, o que a torna um importante fator a ser considerado nas ondas de calor. O último aspecto analisado, o índice de umidade, atua de forma inversamente proporcional com o relevo, entretanto muitas vezes as ondas de calor são acompanhadas por altas umidades, inferindo assim sua ocorrência principal em zonas de baixo relevo.

De acordo como a literatura, os fatores analisados contribuem diretamente para o aumento dos casos de ondas de calor, através da análise da influência do relevo nesses parâmetros estudados, pode-se concluir que o relevo muitas vezes atua como forte intensificador desses extremos térmicos. Sendo importante salientar que a metodologia de análise proposta nesse estudo não é específica do estado de Alagoas, podendo ser realizada para diferentes lugares. A metodologia proposta nessa análise pode fornecer um suporte para tomada de decisões do governo alagoano, tanto no planejamento urbano, como monitoramento dos focos de calor em paralelo com a saúde da população.

Referências Bibliográficas:

Alley R., Berntsen T. **Painel intergovernamental sobre mudança do clima**. 10ª sessão do Grupo de Trabalho I do IPCC, Paris, fevereiro de 2007.

Almeida, M.J. **Fundamentação teórica para a criação de um sistema de alerta e resposta online durante episódios térmicos de calor extremo para uma unidade de saúde da GAMP**. Pág 33, Faculdade do Porto, Portugal, 2012.

Balling, R.C. Classification in climatology. In GAILE, G. L. AND WILLMOTT, C.J. (Ed). **Spatial statistics and models**. Hingham, MA: D. Reidel Publishing, 1984. p.81-108

Barros, A.H.C.; Araújo Filho, J.C. de; Silva, A.B. da; Santiago. G.A.C.F. 2012. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.211. Recife: Embrapa Solos, 32p

BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. INMET - Instituto Nacional de Meteorologia | Eixo Monumental Sul Via S1 - Sudoeste - Brasília-DF. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 24,julho,2016.

Calado R., Nogueira P.G. **A onda de calor de agosto de 2003 e os seus efeitos sobre a mortalidade da população portuguesa**. Revista portuguesa de saúde pública, Portugal, julho 2004.

Connor, S., Thomson, M., & Menne, B. (2008). Seasonal climate forecasting for health. In M. Thomson, M. Beniston & R. Garcia-Herrera (Eds.), **Seasonal forecasts, climate change and human health** (pp. 1-4). EUA: Springer.

Filho M., Avezedo C. D. **Investigação e detecção das ondas de calor em Alagoas**. Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2010.

Francisco P.R. **Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba**. Revista Brasileira de Geografia Física, V.08; N.04; (2015) 1006-1016, pág 1014.

Hajat, S., et al. — **Impact of hot temperatures on death in London : a time series approach**. **Journal of Epidemiology and Community Health**. 56 : 5 (May 2002) 367-372.

Hewitt, C. (2008). **The impact on human health of climate and climate change: Research in the ENSEMBLES Project from seasonal to centennial timescales**. In M. Thomson, 125 M. Beniston & R. Garcia-Herrera (Eds.), **Seasonal forecasts, climate change and human health** (pp. 5-12). EUA: Springer.

Icrisat – **International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics**. **Climatic Classification: A Consultants' Meeting**, 14-16, April, 1980, ICRISAT Center, Patancheru, A.P. 502324, Índia, 1980. 153 p

Jurca, J. **Classificações climáticas: variações temporo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídio ao zoneamento agriclímico**. Dissertação (Mestrado em Geografica) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

QGIS. Disponível em <http://qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html> Acesso em: 29.mai.2016

República Federativa do Brasil; **Estudo de impacto ambiental (eia) das obras de adequação de capacidade da BR-101/AL/PE** - Ministério dos Transportes, maio 2008.

Robine, J., Cheung, S. L., Roy, S. L., Oyen, H. V., Griffiths, C., Michel, J., & Herrmann, F. R. (2008). **Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003**. *Biologies*, 331, 171-178.

Rolim G.S., Camargo M.B.P.; **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo**. *Bragantia* vol.66 No.4 Campinas 2007.

Thornthwaite, C.W. **An approach toward a rational classification of climate**. *Geography Review*, v.38, p.55-94, 1948.

Thornthwaite, C.W., Mather, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, p.104, 1995.

WMO. (S/D). Climate Acesso 25 de Maio, 2016, no sitio
<http://www.wmo.int/pages/themes/climate/index_en.php>