



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Análise Espaço-Temporal das Temperaturas no Ceará no Contexto das Mudanças Climáticas

¹Arnóbio de Mendonça Barreto Cavalcante, ²Eliane Barbosa Santos, ¹Vicente de Paula Silva Filho ¹Vanessa de Almeida Dantas, ¹Luciana Cristina de Sousa Vieira, ³Adilson Wagner Gandu

¹Dr. em Ecologia e Recursos Naturais, Pesquisador titular do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Estrada do Fio, 6000 Tupuiu 61760000 – Eusébio-CE, Telefone: (85)34029000 Ramal: 9004. arnobio.cavalcante@inpe.br. ²Pesquisadores, Doutores. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais /INPE, Eusébio, Ceará, Brasil vanessalmeida24@gmail.com. (autora correspondente). ³Professora, Doutora. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) elianbs@uenf.br. ⁴ Professor, Doutor. Universidade Federal do Ceará/UFC, Fortaleza, CE, Brasil. adwgandu@gmail.com.

Artigo recebido em 19/04/2019 e aceito em 29/01/2020

RESUMO

O aumento de temperatura do ar é uma realidade inquestionável. Vários trabalhos em macroescala confirmam esse fato, mas é preciso melhorar nossa compreensão, também, em escalas menores. O objetivo desse estudo foi analisar e comparar as normais climatológicas das temperaturas máxima, mínima e média compensada do período de 1961-1990 (normal de referência) com as normais climatológicas provisórias de 1994-2015, com o propósito de identificar mudanças nos padrões de temperatura e obter uma avaliação mais refinada das mudanças climáticas ocorridas nas últimas décadas no estado do Ceará, Brasil. Para tal, utilizou-se do banco de dados meteorológicos do INMET. O comportamento das temperaturas máxima, mínima e média compensada revelou para todas as estações selecionadas, um padrão de aumento do período 1994-2015 em relação ao período 1961-1990, da ordem de 0,7 °C, 0,4 °C e 0,6 °C em média, respectivamente. Destaca-se que esse aumento alcançou todo o estado mas, como cada localidade apresenta particularidades, a alta da temperatura não foi uniforme variando em função do setor do estado. As temperaturas médias foram “puxadas” para cima mais por conta dos aumentos das temperaturas máximas do que devido às medidas das temperaturas mínimas. Palavras-chave: Aquecimento do Ar, Normais Climatológicas, Mesoescala.

Space-Time Analysis of Temperatures in Ceará in the Context of Climate Change

ABSTRACT

Spatiotemporal analysis of temperatures in Ceará-Brazil in the context of climate change. The rise in air temperature is an unquestionable reality. Several studies in macroscale confirm this fact, but we must improve our understanding also at smaller scales. The aim of this study was to analyze and compare the climate normals of maximum, minimum and average temperature of the 1961-1990 period (normal reference) with the provisional climate normals from 1994 to 2015, with the purpose of identifying changes in temperature patterns and a more refined assessment of climate change over the past decades in the state of Ceará. For this, the database is used, taken from the National Meteorological Institute of Brazil (INMET). The behavior of the maximum, minimum and average temperature revealed for all selected stations, a pattern of increased period 1994-2015 for the period 1961-1990, in the order of 0.7 °C, 0.4 °C and 0.6 °C in average, respectively. It is noteworthy that this increase reached throughout the state but as each location has special features, the temperature rise has not been uniform. It changed due to the state section. Average temperatures were "pulled" up more because of the rise in maximum temperatures that due to the measures of minimum temperatures.

Keywords: Air Warming, Climate Normals, Mesoscale.

Introdução

As mudanças climáticas em escala planetária destacam o aumento de temperatura do ar como uma realidade inquestionável, independentemente de sua magnitude, causas e, sobretudo, da variabilidade regional e singularidades locais (Lombardo, 2009). O quinto Relatório de Avaliação (AR5) das Mudanças Climáticas elaborado pelo Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), que é a avaliação da mudança climática mais completa realizada até o momento pelo IPCC, confirma o aquecimento global em curso e com evidências de seus impactos observados em todos os continentes e oceanos (IPCC, 2013; 2014a,b). Igualmente, o primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas, elaborado pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), reforçou o diagnóstico do AR5, ao particularizar projeções de aumento da temperatura e maior frequência de eventos extremos em uma escala nacional (PBMC, 2014a,b; PNA 2016). Esses relatórios contemplaram vastas zonas geográficas (macro a megaescala), porém, é preciso melhorar nossa compreensão das mudanças climáticas também em escalas menores. Apesar das mudanças serem globais seus efeitos e medidas são sempre locais (Texeira et al., 2016; Nobre e Marengo, 2017).

Nessa direção e destacando a região Nordeste do Brasil, as projeções climáticas para as próximas décadas indicam aumento de temperatura, mais ondas de calor, aumento de dias secos e redução das chuvas (Marengo, 2014). Por sua vez, para a região semiárida, predominantemente inserida na região Nordeste, simulações com modelos de maior resolução espacial projetam redução da precipitação no inverno austral e aumento da temperatura no decorrer do século XXI (Sales et al., 2015; Torres et al., 2017). Embora esses estudos tenham particularizado consideravelmente a área de avaliação para o evento climático em questão, continuam em macroescala, não sendo ainda adequados para revelar de forma mais completa uma realidade local, pairando a curiosidade científica de como as alterações climáticas podem estar acontecendo em uma escala menor (mesoescala).

Restringindo espacialmente mais ainda e adentrando na região Nordeste do Brasil e no semiárido brasileiro, um espaço geográfico atrativo para uma avaliação pormenorizada das mudanças no clima e na ordem de décadas de anos, é o estado

do Ceará. Referido estado apresenta destacada diversidade paisagística decorrente, em parte, da heterogeneidade climática existente e manifestada por meio de cinco tipos climáticos, como também apresenta estações meteorológicas convencionais em operação a mais de 60 anos, que estão sediadas nas áreas sob influência dos tipos climáticos existentes e que registram dados confiáveis e passíveis de comparação.

Portanto, o objetivo desse estudo foi analisar e comparar as normais climatológicas das temperaturas máxima, mínima e média compensada do período de 1961-1990 (normal de referência ou linha de base) com as normais climatológicas provisórias de 1994-2015, com o propósito de identificar mudanças nos padrões de temperatura e obter uma avaliação mais refinada das mudanças climáticas ocorridas nas últimas décadas no estado do Ceará, contribuindo assim para melhorar a compreensão sobre algumas questões cruciais relativas às mudanças climáticas em mesoescala.

Material e métodos

Essencialmente, as normais climatológicas têm servido a dois propósitos. Em primeiro lugar, elas constituem uma referência contra a qual as condições (especialmente as condições atuais ou recentes) podem ser apreciadas e, segundo, elas são amplamente utilizadas (explícita ou implicitamente) para fins preditivos, como um indicador das modificações climáticas susceptíveis de ocorrerem em uma dada região (WMO, 2011).

Nesse trabalho as normais climatológicas de referência para o período 1961-1990 e os dados para calcular as normais climatológicas provisórias correspondentes ao período 1994-2015 foram obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016). Vale destacar que, o espaço de três anos correspondente ao período de 1991-1993 decorreu do descarte de dados considerados inadequados conforme as recomendações da WMO (1989). No referido intervalo, todas as estações selecionadas apresentavam lacunas praticamente em todos os meses. O banco de dados meteorológicos do INMET abriga dados meteorológicos diários em forma digital, de séries históricas das várias estações meteorológicas convencionais da rede de estações do INMET. As séries inspecionadas foram as de temperaturas máxima, mínima e média compensada.

As estações meteorológicas convencionais selecionadas da rede INMET para esse estudo foram aquelas situadas dentro dos limites do estado

do Ceará e em operação a mais de 60 anos (Tabela 1). Outro critério considerado para a escolha das estações em território cearense foi a disponibilidade da mais recente normal climatológica de referência (1961-1990) e de dados

homogêneos de temperatura a partir de 1994, para elaboração das normais provisórias. Ademais, levou-se em consideração aquelas estações com no mínimo 10 anos de dados sem falhas no período de 1994 a 2015.

Tabela 1. Estações meteorológicas convencionais do INMET selecionadas no estado do Ceará.

Código	Município	Data de implantação	Altitude (m)	Distância à costa (km)	Latitude (°)	Longitude (°)
82397	Fortaleza	27/10/1919	30	14,218	- 3,81541944	- 38,53782778
82487	Guaramiranga	01/02/1911	881	74,365	- 4,26136667	- 38,93106667
82586	Quixeramobim	01/01/1896	226	175,859	- 5,17301502	- 39,28736850
82686	Iguatú	01/01/1911	224	273,560	- 6,39647757	- 39,26900069
82392	Sobral	01/07/1919	89	108,106	- 3,74824236	- 40,34585909
82784	Barbalha	01/01/1948	405	356,621	- 7,30101335	- 39,27116592

Essas estações meteorológicas convencionais estão localizadas em diferentes pontos geográficas do estado, representando adequadamente a tipologia climática de todo o território estadual (Figura 1). Todas as seis estações tiveram suas áreas

circunvizinhas avaliadas para os últimos 30 anos por meio de imagens de satélites, visando apurar alterações no ambiente físico decorrentes de atividades humanas tais como desmatamento e urbanização.

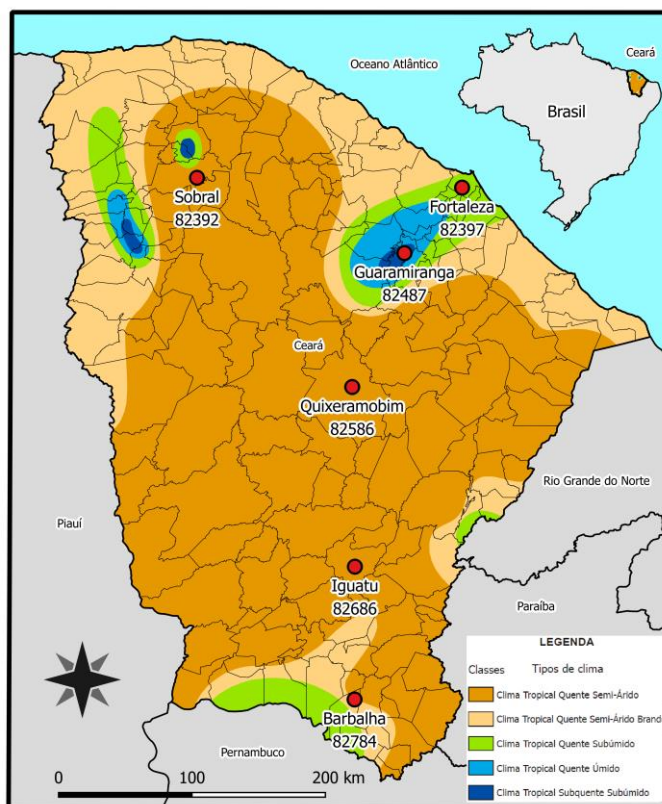


Figura 1. Área de estudo e tipos climáticos do estado do Ceará. Sinaliza-se a localização das estações de Fortaleza, Guaramiranga, Iguatú, Quixeramobim, Sobral e Barbalha. Adaptado de IPECE, 2016.

Resultados e discussão

Os resultados e discussão ora apresentados, seguem a ordem: temperatura

máxima, mínima e média compensada. Pode ocorrer de uma variável ou outra(s) serem tratadas conjuntamente.

Inicialmente, na Figura 2, o comportamento da temperatura máxima revelou, para todas as estações, um padrão de aumento durante o período 1994-2015 em relação ao período 1961-1990 (linha de base). Grosso modo, o comportamento foi acentuado em todas as estações, exceto para Guaramiranga. Nessa estação ao comparar os períodos 1994-2015 e 1961-1990 pouca variação ocorreu, mostrando até superposição das linhas em algumas meses do primeiro semestre. Para as demais estações, uma nítida separação das linhas ocorreu durante todos os meses do ano. O que o conjunto dos dois

períodos mostrou de mais importante, foi o aumento inequívoco da temperatura máxima no estado do Ceará, da ordem de 0,7 °C (Tabela 1) em média nos últimos 21 anos. Esse resultado é relevante porque já sinaliza, por meio de uma única variável climatológica, que um significativo aquecimento da temperatura do ar pode está em curso em todo o estado do Ceará.

Admite-se que essa alta na temperatura máxima possa ser uma decorrência da combinação do aquecimento global corrente, conforme já mencionado nos relatórios supracitados, com circunstâncias localizadas, tais como mudança no uso e cobertura do solo e urbanização, embora haja dificuldade técnica em atribuir com precisão a contribuição individual neste processo.

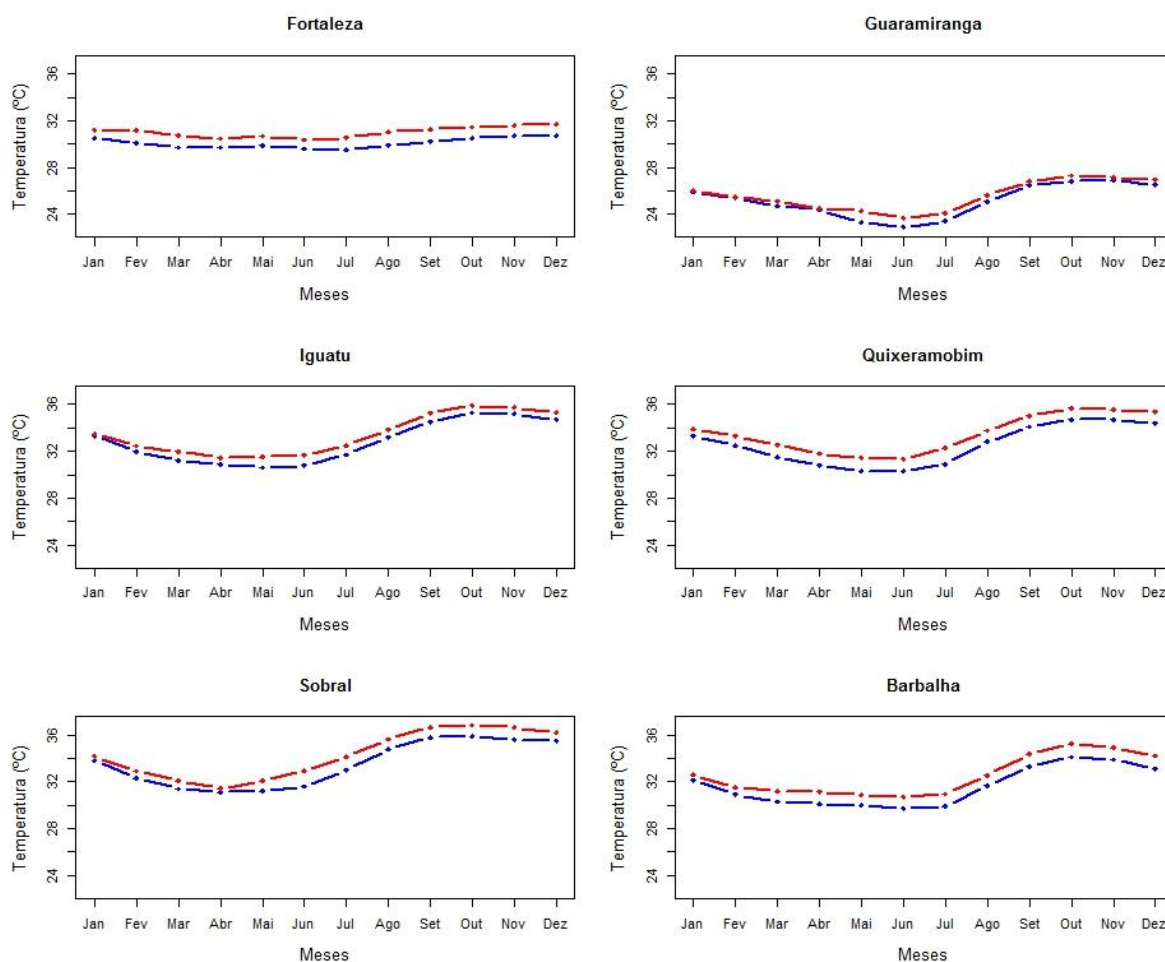


Figura 2. Normais climatológicas da temperatura máxima. Normais de referência 1961 - 1990 (linha azul) e provisórias 1994 - 2015 (linha vermelha).

Considerando as circunstâncias localizadas, todas as estações sofreram com alterações ambientais significativas em suas áreas

circunvizinhas, seja pela chegada da urbanização ou pelo desmatamento. A estação de Guaramiranga foi uma exceção nesse aspecto, cuja área

circunvizinha sofreu menos intervenção antrópica, haja vista estar localizada dentro de uma APA (Área de Proteção Ambiental da Serra de Baturité) estadual criada em 1990. Certamente, essa particularidade poderia justificar, parcialmente, o menor aumento em sua temperatura máxima, pois é sabido que fenômenos como "as ilhas de calor" que ocorrem principalmente em cidades com elevado grau de urbanização, fazem com que as temperaturas nas cidades sejam mais altas do que em áreas rurais próximas (Lombardo, 2009). Ademais, áreas com solo exposto revelam-se mais aquecidas quando comparadas com áreas cujo solo esteja revestido de vegetação (Begon et al., 1996).

Ainda nesse contexto da urbanização, outra observação que vale salientar, refere-se à

relação da temperatura máxima com o afastamento do litoral. Esperava-se que, por Fortaleza está bordejando o mar e cuja temperatura da água do mar aqui situa-se na faixa de 26 a 29 °C já há bastante tempo (NOAA, 2016), apresentaria uma medida mais amena de alta (há exemplo de Guaramiranga 0,4 °C e Iguatú 0,5 °C que apresentam ambientes físicos com características particulares) quando comparada com estações mais distantes da costa, como Barbalha (357 km), Quixeramobim (176 km) e Sobral (108 km). Esta última estação até possui latitude similar à de Fortaleza. Contudo, Fortaleza, Barbalha, Quixeramobim e Sobral apresentaram aumentos na temperatura máxima similares, em torno de 0,7 °C (Tabela 2).

Tabela 2. Média das normais climatológicas da temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média compensada (Tmed), para o período 1961 - 1990 (A) e 1994 - 2015 (B).

	Fortaleza	Guaramiranga	Iguatú	Quixeramobim	Sobral	Barbalha	Média
Tmax (°C): A	30,1	25,2	32,8	32,5	33,5	31,6	31,0
Tmax (°C): B	31,0	25,6	33,3	33,4	34,2	32,4	31,7
Tmax (°C): B-A	0,9	0,4	0,5	0,9	0,7	0,8	0,7
Tmin (°C): A	23,6	17,5	22,2	22,7	22,4	20,5	21,5
Tmin (°C): B	23,8	18,5	22,3	23,0	22,2	21,1	21,8
Tmin (°C): B-A	0,2	1,0	0,1	0,3	-0,2	0,6	0,3/0,4*
Tmed (°C): A	26,6	20,5	26,8	26,5	26,9	24,9	25,4
Tmed (°C): B	27,0	20,9	27,3	27,3	27,6	26,0	26,0
Tmed (°C): B-A	0,4	0,4	0,5	0,8	0,3	1,1	0,6

*Média considerando Sobral fora do cálculo da média das diferenças para Tmin, devido registrar diminuição e não aumento da Tmin.

Numa primeira leitura parece que nenhuma influência do mar ocorreu sobre a estação de Fortaleza. Mas, considerando à forte urbanização sofrida por Fortaleza nos últimos anos e os consequentes efeitos na temperatura da superfície, conforme Silva et al. (2011), o aumento da temperatura máxima que poderia ter sido maior não o foi, devido a influência da temperatura relativamente estável do mar que arrefeceu esse aumento. Significa dizer que, se não fosse a proximidade ao mar, certamente, Fortaleza teria uma temperatura máxima acima da observada. Portanto, o fato da estação de Fortaleza está junto ao mar, ajudou e tem ajudado a mascarar um aumento maior em sua temperatura máxima, decorrência principalmente da urbanização descontrolada.

Em relação ao comportamento da temperatura mínima, a Figura 3 mostrou que Fortaleza, Guaramiranga, Iguatú, Quixeramobim e

Barbalha apresentaram aumento quando comparado o período 1994 - 2015 em relação ao período 1961 - 1990. Apenas Sobral manifestou comportamento diferente. Esse aumento variou entre as estações, sendo mais acentuada em Guaramiranga e Barbalha, e menos em Fortaleza, Iguatú e Quixeramobim.

Para Fortaleza o aumento da temperatura mínima se verificou mais nitidamente no primeiro semestre, Iguatú no segundo semestre e Guaramiranga, Quixeramobim e Barbalha na quase totalidade dos meses do ano. Portanto, a maior parte do estado do Ceará registrou aumento na temperatura mínima no período mais recente, da ordem de 0,4 °C em média (Tabela 2). Como na área em estudo as temperaturas mínimas naturalmente se registram no turno da noite, pode-se afirmar que nessas áreas as noites podem estar ficando mais quentes.

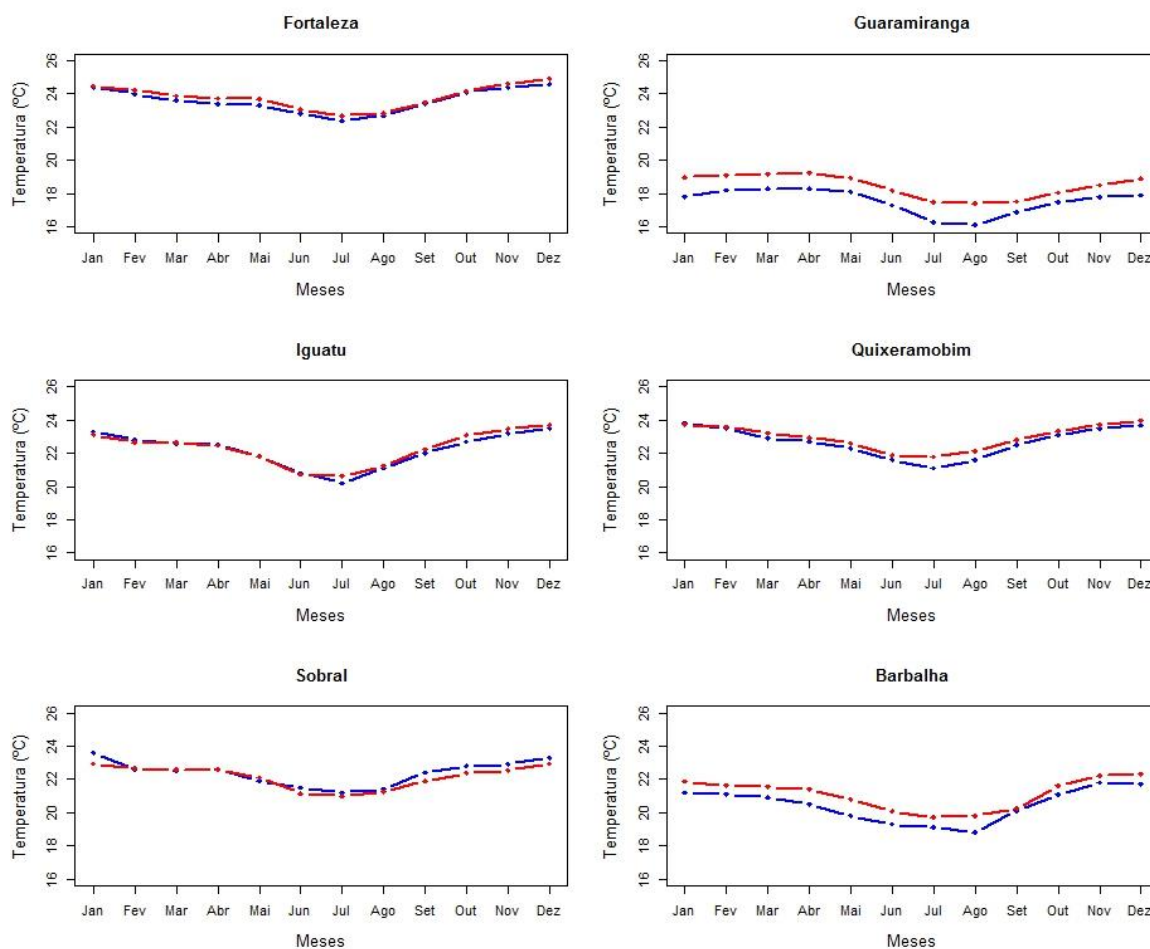


Figura 3. Normais climatológicas da temperatura mínima. Normais de referência 1961 - 1990 (linha azul) e provisórias de 1994 - 2015 (linha vermelha).

Sobral, como já citado, apresentou um comportamento diferente com queda da temperatura mínima no período 1995 - 2015, em relação ao período anterior fato evidenciado, sobretudo, no segundo semestre. A linha correspondente ao período 1994 - 2015 se posicionou abaixo da linha do período 1961 - 1990. A estação de Sobral nos períodos em questão, nenhuma intervenção forte sofreu quanto ao aspecto urbanização. A estação continua em meio rural, na imediação da Embrapa Caprinos e Ovinos, cerca de 4 km da cidade de Sobral. Porém, como existe um processo de desertificação que assola aquela área em curso, este processo pode estar influenciando no resultado da variável climatológica, haja vista que o município de Sobral integra o núcleo de desertificação de Irauçuba (Marin, et al., 2012).

O fato de a temperatura mínima registrar queda de 0,2 °C (Tabela 2) pode ser mais um elemento indicador do avanço do processo de desertificação naquele núcleo. Se essa queda for considerada de modo conjunto com a alta de 0,7 °C na temperatura máxima (Tabela 2), esta combinação pode estar sinalizando para uma novo ambiente físico em construção, com dias mais quentes e noites mais frias, características de deserto quente.

Merece também destaque as estações de Quixeramobim e Iguatú, distantes cerca de 180 km uma da outra e enquadradas na mesma tipologia climática (Figura 1). Assim, pressupondo que essas estações apresentam uma climatologia semelhante, era esperado que as temperaturas mínimas das estações envolvidas apresentassem um comportamento similar. Porém, o que se observou

foi um primeiro semestre do período 1994 - 2015 diferente, com pequeno aumento para Quixeramobim e sem alteração para Iguatú (Figura 3).

Essa constância da temperatura mínima em Iguatú para o primeiro semestre poderia ser justificada, em parte, pela proximidade ao açude Orós inaugurado em 1961, açude de grande porte e o segundo maior do estado. Como Iguatú fica a sotavento do açude Orós, provavelmente, a temperatura mínima e outras variáveis estejam sofrendo influência desse corpo d'água, cita-se por exemplo, a diferença para a temperatura máxima entre os períodos, onde Iguatú apresentou valor aquém ao calculado para Quixeramobim (Tabela 2). De fato, a existência de efeitos pós-inauguração de grandes açudes no semiárido brasileiro sobre variáveis climáticas avaliadas em áreas circunvizinhas é uma realidade. Dantas e Sales (2015) observaram alterações na temperatura e umidade relativa em áreas adjacentes ao açude Castanhão - CE (maior açude do estado com 325 Km² de área inundada) quando comparou estas variáveis antes e depois de sua inauguração. Contudo, já o fato do comportamento ter sido diferente somente de fevereiro a maio (período chuvoso), pode ser que esse comportamento esteja também relacionado com mudança no regime de precipitação, questão não analisada nesse trabalho.

Vale também mencionar o aumento da ordem de 1,0 °C na temperatura mínima da estação de Guaramiranga, tendo sido a maior alta dentre as estações (Tabela 2). Nessa estação a linha vermelha (1994 - 2015) se posicionou nitidamente em toda a extensão, em nível bem acima da linha azul (1961 - 1990). Esse comportamento não pode ser explicado, tão somente, a partir de circunstâncias localizadas. Como já citado, a área da estação de Guaramiranga está localizada dentro de uma Área de Proteção Ambiental - APA, onde o desmatamento e o avanço da urbanização, embora presentes, são reduzidos e controlados. Até a população residente está em declínio (IBGE, 2016). Logo, o ambiente físico e biológico aqui pouca alteração tem sofrido nos últimos anos. O mesmo se verifica para os outros municípios circunvizinhos inseridos na APA, excetuando-se para a questão de estimativa da população residente que é levemente crescente nesses demais

municípios integrantes da APA. Portanto, com uma alta de 0,4 °C na temperatura máxima já calculada e a inexistência de alterações significativas no ambiente físico-biológico, resta admitir que o fator mais relevante para esse comportamento de aumento da temperatura mínima seja, provavelmente, o aquecimento global. Isso ratificaria o Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas (PBMC, 2014a; 2014b), que sinalizou para um efeito generalizado de noites mais quentes no Brasil.

Por último, o comportamento da temperatura média compensada retratada na Figura 4, sintetizou de forma clara a ocorrência de um nítido aumento da temperatura em todas as estações. O aumento foi da ordem de 0,6 °C (Tabela 2) em média. Note-se, que o período 1994 - 2015 quando comparado ao período 1961 - 1990 manteve o traçada da linha sempre acima do período anterior e para todos os meses, com exceção para o primeiro semestre na estação de Sobral, algo já esperado devido a forte diminuição da temperatura mínima nesse mesmo intervalo.

O aumento da temperatura média compensada variou entre as estações, sendo mais acentuada em Barbalha com 1,1 °C e menos em Sobral com 0,3 °C (Tabela 2). Em ambas as localidades a temperatura mínima exerceu importante papel para o resultado, haja vista a temperatura mínima de Barbalha ter alcançado +0,6 °C, a segunda maior dentre as medidas, e Sobral -0,2 °C, a menor de todas as medidas. Contudo, quando se avaliou conjuntamente todos os aumentos verificados nas temperaturas médias do período 1994 - 2015, a contribuição das temperaturas máximas foi preponderante comparativamente as temperaturas mínimas na elevação das temperaturas médias. Isto é, as temperaturas médias foram “puxadas” para cima mais por conta das medidas de temperaturas máximas do que devido às medidas das temperaturas mínimas. Isso ficou evidente pela supremacia dos valores das temperaturas das máximas que foram acrescidos ao último período. Portanto, isso sugere que o aquecimento local em curso está recebendo mais influência por força de alterações nas temperaturas máximas.

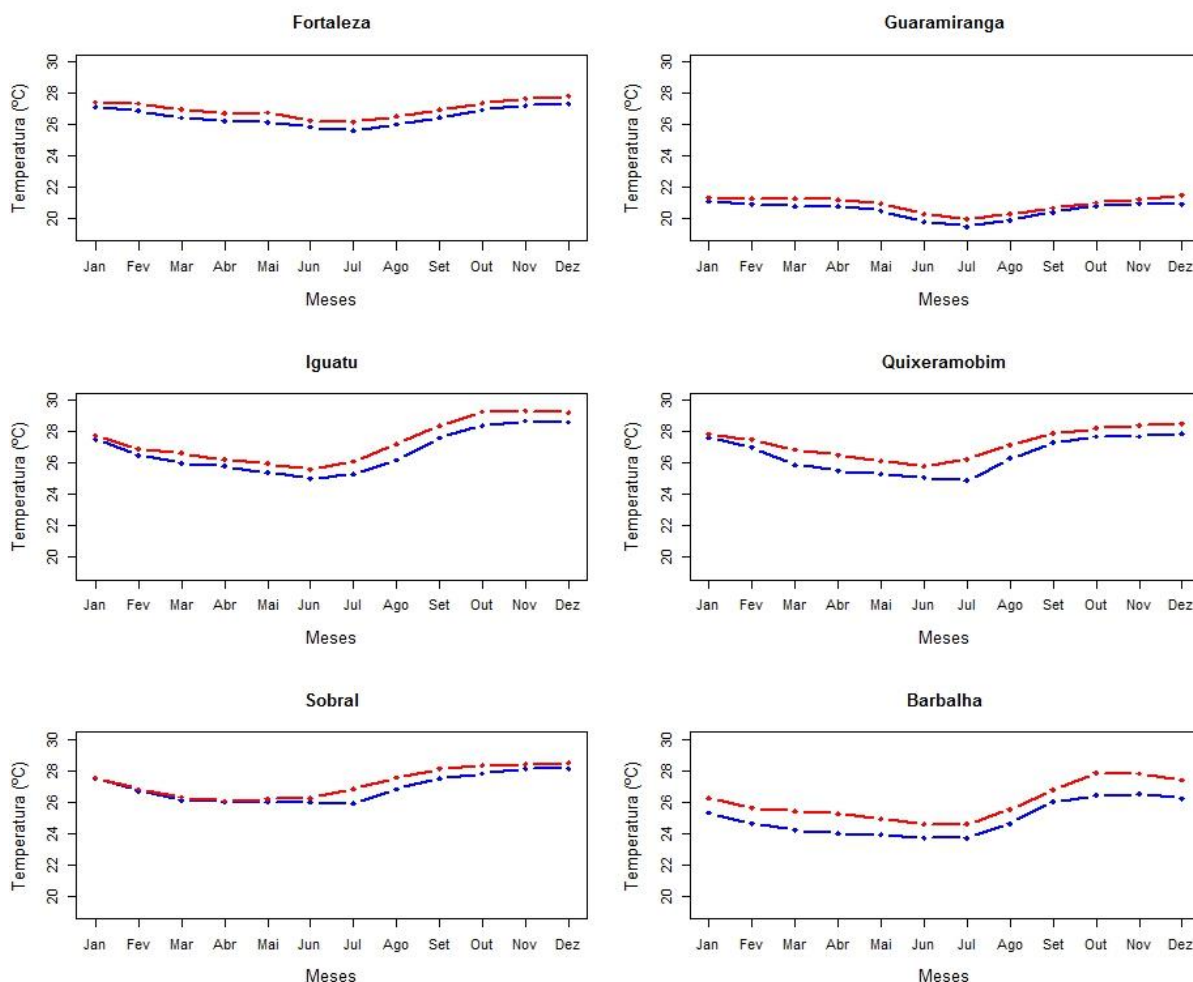


Figura 4 - Normais climatológicas da temperatura média compensada. Normais de referência 1961 - 1990 (linha azul) e provisórias de 1994 - 2015 (linha vermelha).

Conclusões

O mais importante a destacar desta análise espaço-temporal da temperatura para o estado do Ceará foi que, a partir de uma base de dados oficial, revelaram-se fortes indícios sinalizando que o estado está vivenciando um aumento real e significativo em sua temperatura nas últimas décadas. Isso corrobora em escala menor o indicativo de aquecimento global sugerido pelas principais agências nacional e internacional envolvidas com essa questão.

O aumento verificado alcançou todo o estado, mas, como cada localidade apresenta particularidades, o aumento da temperatura não foi uniforme variando em conformidade ao setor do estado considerado. O avanço da área urbana, cujos efeitos acabam por refletir nas áreas de alcance das estações, preponderou como ação antrópica para o aumento da temperatura local, embora a presença

humana e suas alterações no meio ambiente rural, como desmatamento, também tenha contribuído fortemente. Porém, naturalmente, não podemos esquecer os efeitos mais globais, ligados às mudanças climáticas de grande escala como a principal forçante.

Em termos de ação governamental urgente de enfrentamento ao aquecimento em curso, Sobral precisa de atenção especial dentre as localidades estudadas, devido estarem inserida em uma área já em processo de desertificação. Guaramiranga, por sua vez, destacou-se por meio da gestão ambiental como instrumento eficiente para mitigação aos impactos do aquecimento global e local. De qualquer forma, todas as localidades precisam de atenção, significando dizer, monitoramento e avaliação periodicamente.

Espera-se que as conclusões científicas desse trabalho possam melhorar nossa compreensão para algumas questões cruciais relativas à mudança do clima no estado do Ceará, bem como proporcionar a motivação necessária para que ações governamentais adaptativas (preventivas e reativas) sejam planejadas/implementadas para minimizar os impactos da mudança do clima em curso. Ademais, estudos complementares que analisem as tendências locais de outras variáveis do clima (precipitação, evaporação etc.) são fundamentais, uma vez que, séries globais são compostas a partir de séries locais.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por financiar parte dessa pesquisa, ao conceder uma bolsa do Programa de Capacitação Institucional (PCI).

Referências

Begon, M.; Harper, J. L.; Townsend, C. R. 1996. Ecology. London: Blackwell, 1068p.

Dantas, S. P.; Sales, M. C. L. 2015. A influência do açude Castanhão no clima local de Jaguaratama, Ceará - Brasil: uma análise no campo térmico e higrométrico. Revista Equador, 4, 2-17.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 06 jan. 2016.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

[Core Writing Team, R. Pachauri and L. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151p.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014a. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014b. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.

IPECE, 2016. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

Lombardo, M. A. 2009. Análise das mudanças climáticas nas metrópoles: o exemplo de São Paulo e Lisboa. In: S. Ortigoza; A. Cortez. (Org.). Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano. São Paulo: Ed. UNESP, p.111-146.

Marengo, J. A. 2014. O futuro clima do Brasil. Revista USP, 103: 25-32.

Marin, A. M. P. et al. 2012. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica?. Parcerias Estratégicas, 17, 87-106.

Nobre, C.A., Marengo, J.A., 2017. Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar. Canal6, Bauru.

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. Disponível em: <<http://www.noaa.gov>>. Acesso em: 06 jan. 2016.

PBMC, Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. 2014. Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho

- 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. Organização de T. Ambrizzi; M. Araujo. Rio de Janeiro, Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014a. 464p.
- PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2014a. Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. Organização de T. Ambrizzi and M. Araujo. Rio de Janeiro, Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2014b. Impactos, Vulnerabilidades e Adaptação às Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. Organização de E. D. Assad & A. R. Magalhães. Rio de Janeiro, Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PNA. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, 2016. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: estratégias setoriais e temáticas. MMA, Brasília.
- _____. 2014. Impactos, Vulnerabilidades e Adaptação às Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. Organização de E. Assad; A. Magalhães. Rio de Janeiro, Coppe/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014b. 414p.
- Sales, D. C. et al. 2015. Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no Nordeste brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30(4): 297-308.
- Silva, M. T.; Silva, V. P. R.; Costa, S. C. F. E. 2011. Impactos da urbanização na temperatura e no balanço de radiação à superfície no município de Fortaleza-Ce, com base em imagens espectrais do TM/Landsat 5. In: XV Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba, Anais.
- Teixeira, B.S., Orsini, J.A.M., Cruz, M.R., 2016. Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais à Mudança do Clima no Brasil. MCTIC, Brasília.
- Torres, R.R., Lapola, D.M., Gamarra, N.L.R., 2017. Future climate change in the Caatinga, in: Silva, M.C., Leal, I.R., Tabarelli, M. (Orgs), Caatinga - The Largest Tropical Dry Forest Region in South America. Springer International Publishing AG, Cham, pp. 383-410.
- WMO, World Meteorological Organization. 1989. Calculation of Monthly and annual 30-years Standard Normals, WMO-TD/No. 341. Washington: WMO, 13p.
- _____. 2011. Guide to Climatological Practices, WMO-No. 100. Geneva: WMO, 117p.