

Eixo Temático ET-11-018 – Outros

AVALIAÇÃO DA PREVISIBILIDADE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESTADO DA PARAÍBA COM O MODELO ETA/CPTEC

Vanessa Wortmann Paulino¹, Emanuella Almeida Figueiredo²

¹Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. E-mail: vanessawortmann@gmail.com; ²Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. E-mail: emanuellaalmeidaf@yahoo.com.br. Universidade Federal da Paraíba Paraíba - Brasil

RESUMO

Em razão de fatores naturais ou antrópicos as mudanças climáticas já são apontadas como possível razão para a ocorrência de distúrbios naturais na atualidade, a exemplo da redução da disponibilidade hídrica e ocorrência de eventos extremos. Inserido nessa temática, o Estado da Paraíba é uma região bastante susceptível aos efeitos que as alterações dos padrões do clima podem gerar. A começar pelo semiárido, uma área extensa e de alto valor ecossistêmico por abrigar a caatinga, único bioma considerado exclusivamente brasileiro. Em seguida, o litoral, uma região amplamente urbanizada, sobre a qual os impactos das mudanças climáticas podem vir a afetar a economia do Estado e grande parcela da sua população. Isso, sem desconsiderar a riqueza ambiental, potencial econômico e valor social das demais áreas. Portanto, é de extrema importância estudar formas de estimar as interferências das mudanças climáticas nas temperaturas futuras dessa região, finalidade da presente pesquisa, alicerçada na avaliação da previsibilidade do modelo Eta/CPTEC, mediante a análise comparativa das temperaturas observadas e simuladas ao longo da área de estudo. A metodologia adotada considerou, ainda, as possíveis influências sofridas pelas previsões do modelo atmosférico em virtude das características da área escolhida e do período do ano avaliado. A correlação de tais aspectos com os desvios encontrados nas distribuições espacial e quantitativa, permitiu verificar que as simulações realizadas pelo modelo atmosférico mostraram-se bastante próximas da realidade observada, aspecto o configura como uma alternativa satisfatória para análise do parâmetro temperatura no Estado da Paraíba.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Temperatura; Paraíba; Modelo ETA.

INTRODUÇÃO

De origem antrópica ou natural, as mudanças climáticas são alterações significativas dos padrões climáticos globais capazes de mudar os processos naturais com os quais estamos habituados. Diante disso, no meio científico, as mudanças climáticas já são apontadas como possível razão para a ocorrência de distúrbios naturais na atualidade, fator que as configura como uma problemática atual cujas consequências já podem ser sentidas.

Segundo Perazzoli (2011) O aumento da temperatura global altera a precipitação e a evapotranspiração, que, por sua vez, modificam o regime hídrico e a resposta hidrológica da bacia. As elevações dos níveis de evapotranspiração diminuem a quantidade de água de reservatórios, lagos e rios e prejudicam a geração de energia e a

agricultura.

As mudanças climáticas podem gerar impactos, também, sobre o aumento da ocorrência de eventos extremos. Ramos (2010) constatou que a relação entre duração e intensidade das chuvas mostra uma tendência de que áreas úmidas fiquem mais úmidas e áreas secas mais secas. Para o International Panel of Climate Change IPCC, o aquecimento global durante esse século resultará em ondas de calor extremas e mais frequentes, aumento da frequência de precipitações, ciclones tropicais mais intensos, diminuição do gelo marinho e elevação do nível do mar.

No Estado da Paraíba, o semiárido é a área passível de sofrer os maiores impactos das mudanças climáticas, pois trata-se de uma região escassa em recursos naturais e que está constantemente exposta à energia solar de grande intensidade. Tais fatores resultam em altos níveis de evapotranspiração e desfavorecem essa região que também se estende pelo nordeste e é considerada a mais vulnerável as mudanças climáticas no Brasil.

Para ela os cenários do relatório AR4 do IPCC apontam um aumento de temperatura de até 4°C e uma redução de precipitação de até 20%. Marengo (2008) afirma que para esse aumento de temperatura, são esperados no semiárido nordestino: danos à agricultura, aumento dos dias secos, chuvas torrenciais e enchentes, diminuição da água de rios, lagos e reservatórios e aridização. Marengo (2007) aponta ainda uma redução de até 20% na vazão do rio São Francisco.

Os impactos previstos para um aumento de temperatura dessa magnitude no semiárido são preocupantes. Além de prejudicar a agricultura de subsistência, afetar negativamente a economia local, provocar problemas socioambientais e ainda estimular a migração e marginalização dos habitantes, essas mudanças climáticas podem dizimar o único bioma exclusivamente brasileiro, a caatinga. Segundo Fortunato (2006) o semiárido necessita de estimativas realistas, e portanto, estudos baseados nos impactos das mudanças climáticas sobre essa região são bastante relevantes.

No estado na Paraíba, encontra-se, ainda, a faixa litorânea, amplamente urbanizada, na qual está localizada a capital e a base da economia local. Essa região, embora bastante ocupada, apresenta grande biodiversidade e importância natural. Características que também podem ser verificadas nas demais regiões do Estado, detentor de monumentos naturais, reservas biológicas, registros arqueológicos, entre outras riquezas

Nesse contexto, o IPCC tem desenvolvido cenários de emissões com intuito de avaliar os impactos das mudanças climáticas na atualidade e projetar a situação do planeta no futuro, levando em consideração aspectos sociais, econômicos e ambientais e seus impactos sobre os recursos naturais.

No tocante à potencialidade hídrica, fator determinante para a sustentabilidade do semiárido paraibano, é sabido que as alterações no clima interferem diretamente no ciclo hidrológico e por isso, podem resultar em mudanças na disponibilidade de água nas bacias hidrográficas. Perazzoli (2011) afirma que os cenários de emissões do IPCC associados aos modelos hidrológicos permitem antecipar possíveis ocorrências e auxiliar na tomada de decisões em recursos hídricos.

A obtenção das variáveis climáticas, abordadas pelos cenários de emissão, depende da utilização das simulações realizadas por modelos atmosféricos, os quais podem ser de circulação global (resolução entre 200km a 300km), ou regional (grades de 40km a 100km). Todavia, é importante ter variáveis atmosféricas que interfiram no ciclo hidrológico na escala da bacia hidrográfica, que é consideravelmente maior do que

a escala fornecida por modelos atmosféricos globais. Dessa forma, torna-se necessário aplicar um processo de *downscaling* (desagregação da escala) que pode ser *estatístico*, quando realizado por funções estatísticas, ou *dinâmico*, quando obtido a partir da aplicação um modelo regional.

Importa salientar, que tanto a escolha do processo de conversão de escala, quanto a seleção dos modelos atmosféricos utilizados dependem da região analisada e do tipo de variável simulada. *Chou* (2012) aponta que apesar de fornecer previsões com maiores detalhes, o modelo regional não apresenta grande linearidade, fator que limita a sua capacidade de previsão e leva a obtenção de dados de curto prazo. O modelo global, em contrapartida, detém de uma menor resolução, mas é capaz de suprir a deficiência de linearidade do anterior.

Por fim, tendo em vista que os desvios apresentados pelo modelo atmosférico interferem nas suas projeções futuras, é indicado primeiramente perceber as incertezas envolvidas no processo sobre as simulações do clima atual. E somente em seguida, avaliar as simulações para o clima futuro, estimar as influências do modelo e compreender o real significado das alterações climáticas. Em razão disso, no presente trabalho, selecionou-se a temperatura atual como variável climática de um modelo atmosférico regional. Essa avaliação foi realizada para todo o estado da Paraíba espacialmente, e para cinco municípios de forma quantitativa.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a aplicabilidade do modelo regional ETA/CPTEC quando a previsão da temperatura no Estado da Paraíba, tomando como referência uma série de dados históricos observados. Almeja-se, ainda, verificar a influência da época do ano e da localização da área na previsibilidade do modelo.

METODOLOGIA

Área de estudo

Tomou-se como área de estudo desta pesquisa o Estado Paraíba, localizado no extremo leste do país e delimitado pelo oceano atlântico e pelos estados de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará. Em razão da sua proximidade da Linha do Equador, a Paraíba possui um clima predominantemente quente, sem ocorrência de estações do ano bem definidas. A umidade local varia no decorrer do estado, com níveis elevados no litoral e consideravelmente inferiores no semiárido, uma região de baixa pluviosidade, caracterizada por longos períodos de estiagem e seca. A economia do estado não tem forte influência no cenário nacional, fator muitas vezes associado a sua vulnerabilidade climática.

Levantamento de dados

Afim de possibilitar a realização das análises comparativas apresentadas nesta pesquisa, assim como propor um nível de precisão satisfatório, foi necessário a aplicação de um histórico de dados observados relativamente extenso para a temperatura mensal do Estado da Paraíba. O levantamento desses dados foi realizado pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e estão disponibilizados online pelo departamento de ciências atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (www.dca.ufcg.edu.br).

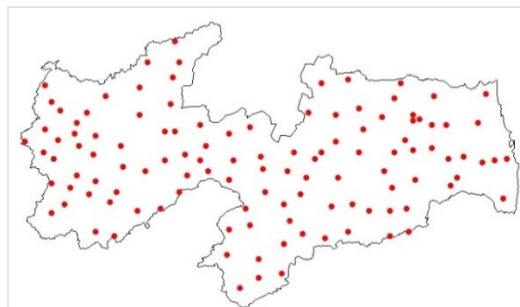


Figura 1. Distribuição dos dados de temperatura observada mensal no Estado da Paraíba.

Modelo atmosférico

Na realização desta pesquisa foram utilizadas simulações, para o clima atual (1961 a 1990) e para o clima futuro (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100), confeccionadas pelo CPTEC-INPE, consoante parâmetros do cenário A1B do IPCC. A construção dos resultados dependeu, ainda, da consideração das variáveis climáticas regionais, parâmetro que foi obtido pelo processo de downscaling dinâmico realizado pelo CPTEC através da aplicação das condições de contorno do modelo global HadCM3 no modelo regional Eta-CPTEC.

A série de temperatura simulada para área estudo, foi extraída do modelo atmosférico através de um script do software *Grads*, procedimento que permitiu a obtenção dos dados de temperatura diários em cada ponto de grade do modelo atmosférico regional. Os valores de temperatura mensal foram calculados com a aplicação dos dados diários em planilhas do Excel.

Análise espacial de dados

Sabe-se que interpolação é um método matemático que confere continuidade à um conjunto de dados pontuais, o que os aproxima da realidade e favorece a sua representação. Portanto, com a finalidade de elaborar mapas que demonstrassem mais explicitamente a variação das temperaturas observadas e simuladas na área de estudo, aplicou-se um dos processos de interpolação existentes no ArcMap. Esse programa contém três tipos de interpoladores: Kriging, IDW e Spline, entre os quais, optou-se pelo primeiro por apresentar a melhor resolução das linhas que delimitam as regiões.

A elaboração dos mapas da temperatura observada baseou-se nos dados levantados no item 3.2, enquanto que os mapas da temperatura simulada foram elaborados através dos dados extraídos em cada ponto da grade do modelo atmosférico.

Análise quantitativa de dados

A análise quantitativa dos dados foi realizada a partir da demonstração gráfica das disparidades entre as temperaturas observadas e simuladas em pontos específicos da área de estudo. Com essa finalidade, primeiramente, foram selecionados cinco municípios do Estado, para os quais foram criados gráficos com as temperaturas de interesse verificadas nos meses analisados espacialmente. Em seguida, com o propósito de avaliar os desvios durante todo o ano em regiões diametralmente distintas do estado, gráficos com as temperaturas de janeiro a dezembro foram elaborados para os municípios de Boaventura e Mataraca, localizados na região semiárida e litorânea, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise espacial dos dados

Os mapas espaciais apresentados nesta pesquisa representam as faixas de temperaturas registradas para o Estado da Paraíba em quatro meses distintos, selecionados de forma a demonstrar os valores em todas as estações do ano. Tais mapas foram elaborados com a finalidade de estabelecer um comparativo entre as previsões e então, avaliar aplicabilidade do modelo atmosférico no parâmetro temperatura. Para isso, os mapas apresentados à esquerda representam os dados observados enquanto que os da direita os dados simulados pelo modelo atmosférico.

A variação de temperatura demonstrada está relacionada a um gradiente de cores, quanto maiores às temperaturas observadas ou simuladas em uma região, mais escura será a cor que as representa.

i) Janeiro

A realização de um comparativo entre as temperaturas do mês de janeiro, obtidas a partir da observação (Figura 2a) e da simulação pelo modelo atmosférico (Figura 2b), permite verificar uma disparidade sutil entre os valores encontrados. Nesse mês, o modelo atmosférico simulou temperaturas entre 21,9°C e 27 °C enquanto que as temperaturas observadas encontram-se entre 23,6°C e 28,7°C. De forma geral, pode-se constatar que nesse mês o modelo atmosférico apresentou a tendência de subestimar as temperaturas do Estado.

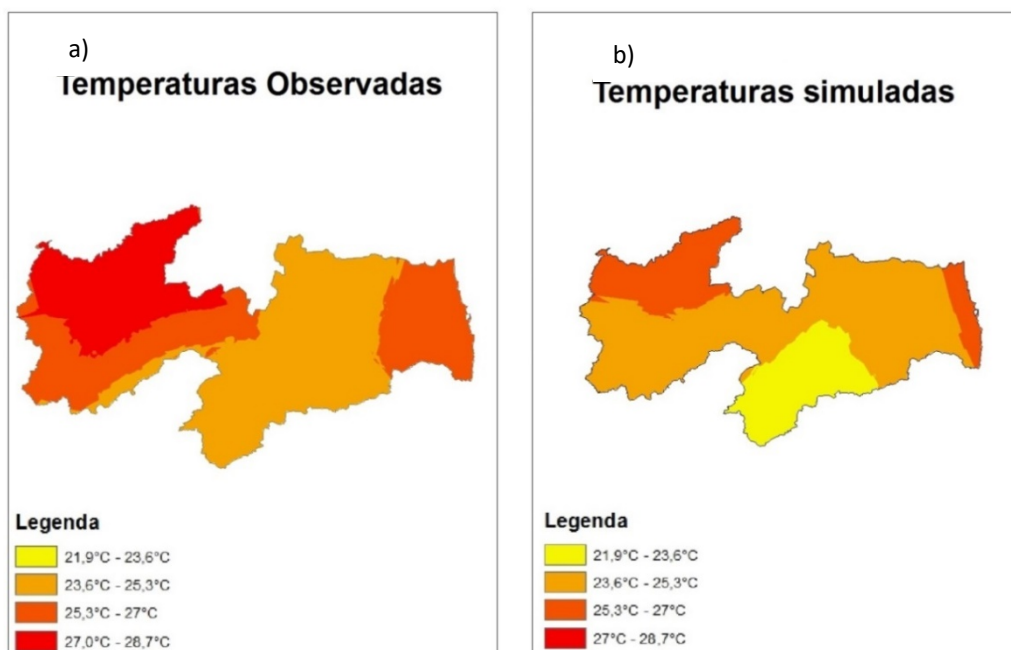


Figura 2. Mapa da variação das temperaturas (a) observadas (b) simuladas no mês de Janeiro.

ii) Abril

A comparação espacial entre os dados de temperatura observada (Figura 3a) e simulada (Figura 3b) no mês de abril demonstra que o modelo atmosférico simulou temperaturas entre 21,2°C e 25,7°C enquanto que as temperaturas observadas

encontram-se entre 22,7°C e 27,2°C. Neste mês, valores inferiores aos observados são identificados em quase todo o Estado. De maneira geral, verifica-se a mesma tendência de subestimação das temperaturas observadas pelo modelo atmosférico.

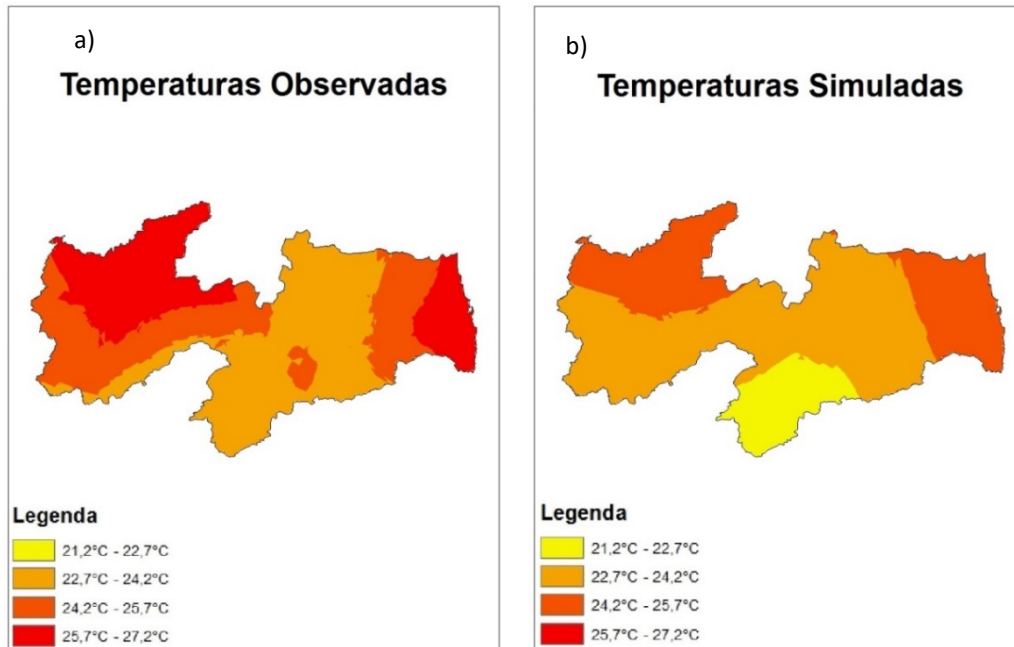


Figura 3. Mapa da variação das temperaturas (a) observadas (b) simuladas no mês de Abril

iii) Julho

No mês de julho as disparidades entre os valores de temperatura obtidos a partir da observação (figura 4a) e simulação (figura 4b) se mostraram inferiores as verificadas nos meses anteriormente analisados. Em Julho, o modelo atmosférico simulou temperaturas entre 18,2°C e 24,2°C enquanto que as temperaturas observadas encontram-se entre 18,2°C e 26,2°C, ou seja, pela primeira vez, os valores mínimos previstos pelo modelo atmosférico foram registrados nos dados observados. De maneira geral, constatou-se que embora o modelo tenha mantido a tendência de subestimar as temperaturas observadas, suas simulações foram mais próximas da realidade.

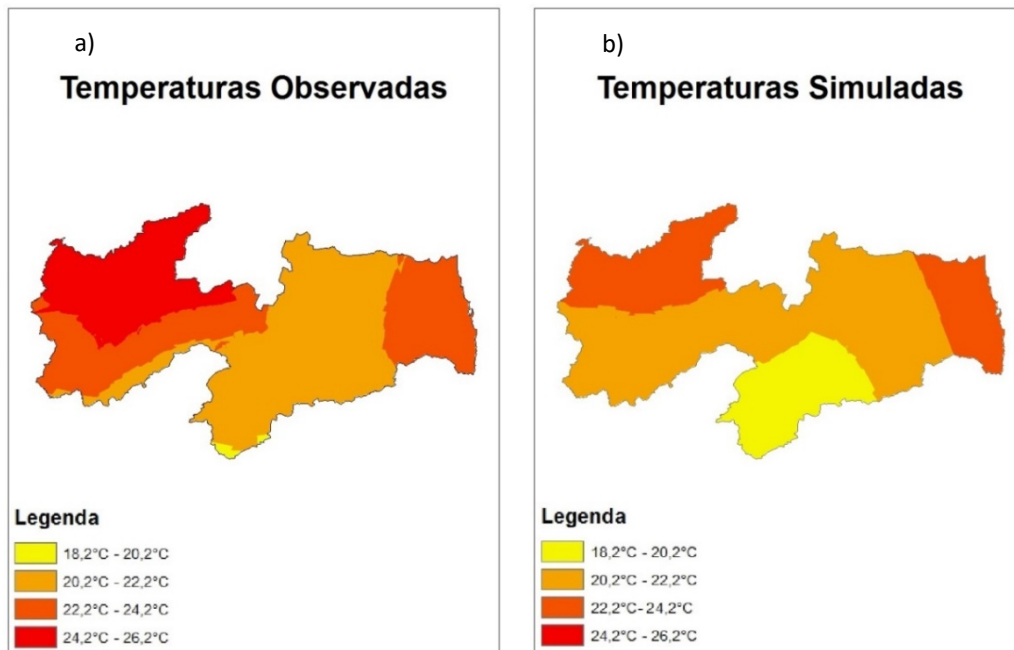


Figura 4. Mapa da variação das temperaturas (a) observadas (b) simuladas no mês de Julho.

iv) *Outubro*

A análise dos dados do mês de outubro nos permite avaliar que as de temperaturas previstas pelo modelo atmosférico (figura 5b) foram inferiores aos dados observados (figura 5a) em quase todo o limite do estado. Em outubro, o modelo atmosférico simulou temperaturas entre 20,4°C e 26,4°C enquanto que as temperaturas observadas encontram-se entre 22,4°C e 28,2°C. De modo geral, as previsões do modelo atmosférico nesse mês também seguiram a tendência de subestimação dos valores observados, mas se apresentaram um pouco mais distantes da realidade.

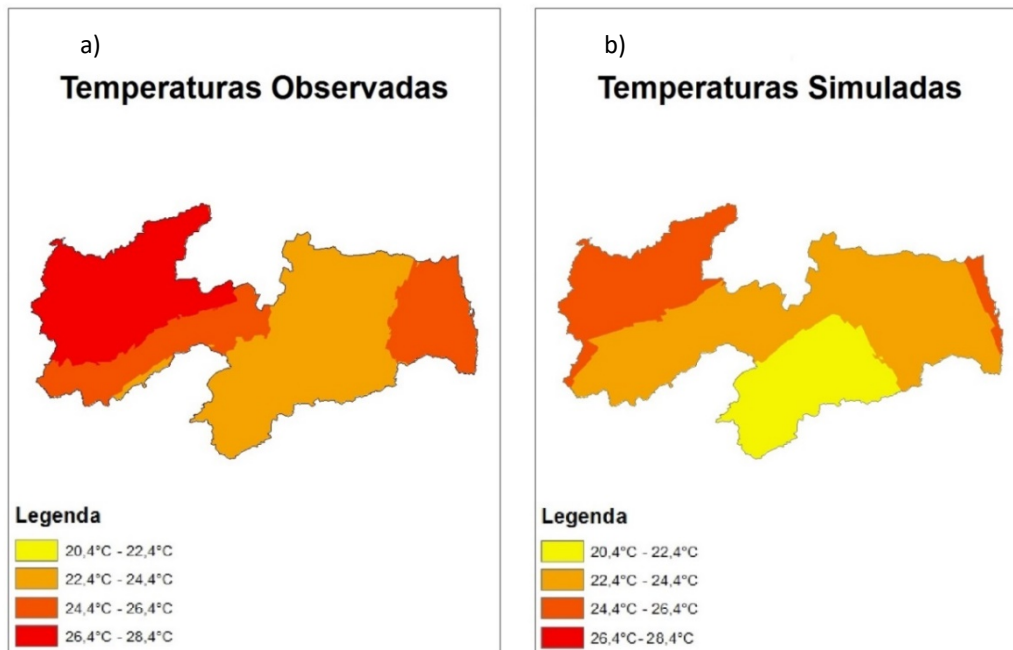


Figura 5. Mapa da variação das temperaturas (a) observadas (b) simuladas no mês de Outubro

Análise quantitativa dos dados

A análise quantitativa se deu pela representação gráfica dos desvios entre as temperaturas mensais observadas e simuladas em cinco municípios do Estado da Paraíba. A seleção dessas localidades teve o intuito de representar as disparidades em regiões distintas da área de estudo.

i) Janeiro

No mês de janeiro, a análise pontual das temperaturas (Gráfico1) nos quatro pontos selecionados, confirma a tendência de subestimação dos valores simulados, no entanto, mostra que os desvios encontrados são consideravelmente pequenos tendo em vista a precisão dos modelos atmosféricos e os erros decorrentes do processo de downscaling.

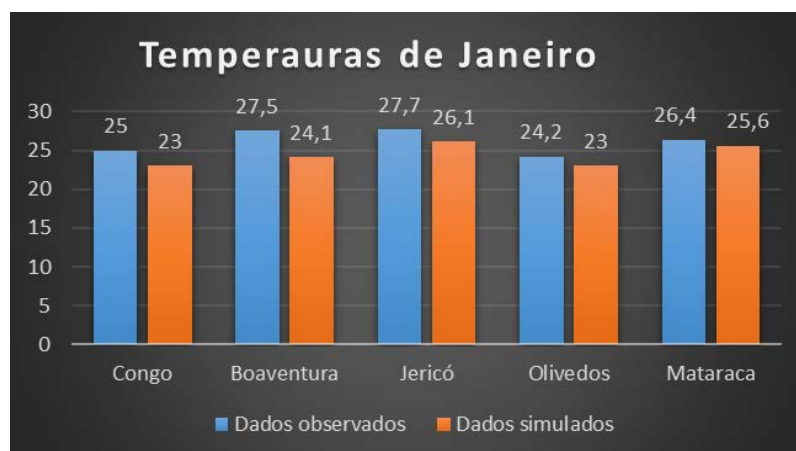


Gráfico 1. Disparidade entre as temperaturas pontuais observadas e simuladas em Janeiro.

ii) Abril

No mês de Abril, a análise pontual das temperaturas mantém a tendência citada anteriormente (Gráfico2)). Entretanto, as disparidades verificadas são ainda menores do que as percebidas no mês de janeiro, sobretudo no município de Mataraca, onde é apresentado um desvio de apenas 0,1°C.

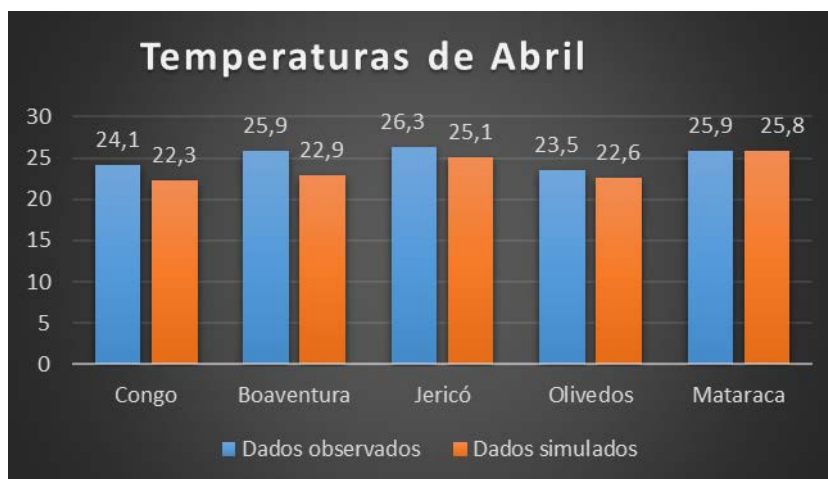


Gráfico 2. Disparidade entre as temperaturas pontuais observadas e simuladas em Abril.

iii) Julho

No mês de Julho (Gráfico3), análise pontual das temperaturas também permite verificar a ocorrência de desvios consideravelmente pequenos entre os valores observados e simulados. É válido ressaltar, que pela primeira vez, um dos municípios analisados pelo gráfico demonstra a superioridade do valor simulado em relação ao observado, fato que não traz grandes consequências a não ser demonstrar a possível influência da época do ano na previsibilidade.

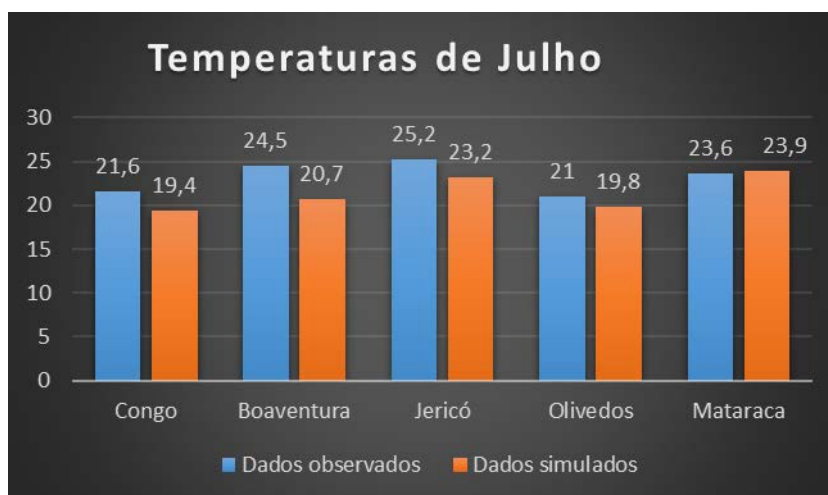


Gráfico 3. Disparidade entre as temperaturas pontuais observadas e simuladas em Julho.

iv) *Outubro*

No mês de Outubro (Gráfico 4), a análise pontual das temperaturas não difere do padrão representado por valores simulados inferiores aos observados. Podemos verificar desvios maiores nos três primeiros pontos seguidos de uma tendência de decréscimo, que chega a apenas um 1° C no último ponto considerado. É possível afirmar que os desvios apresentados são bastante razoáveis tendo em vista a utilização de um modelo atmosférico.

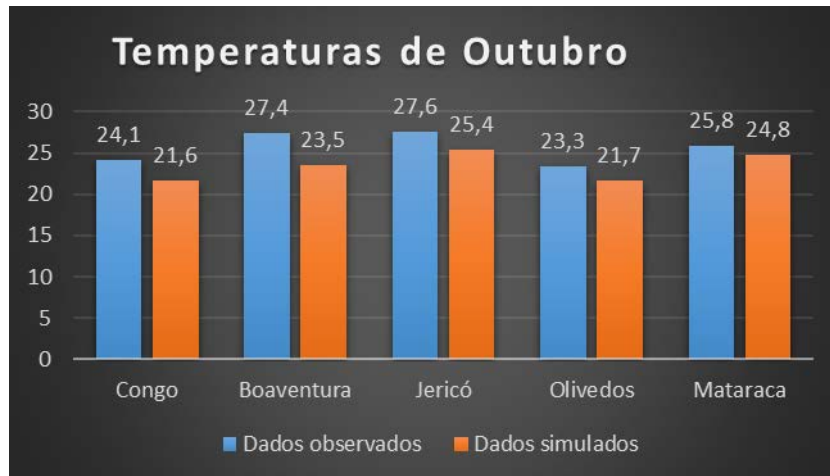


Gráfico 4. Disparidade entre as temperaturas pontuais observadas e simuladas em Outubro.

v) *Município de Boaventura*

Em Boaventura, município localizado na região semiárida, é possível verificar que as temperaturas observadas são superiores as simuladas durante todos os meses do ano (Gráfico5). Nessa região, apresentam-se desvios que variam de 2,2°C em março a 4°C em setembro. Contudo, pode-se afirmar que o modelo atmosférico representa o mesmo padrão de comportamento estabelecido pelos dados observados, fator que caracteriza a sua previsibilidade como satisfatória e passível de correção para uso nessa região.

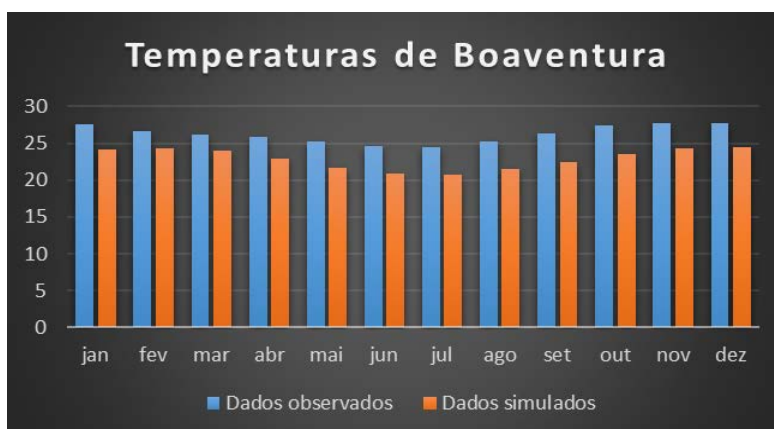


Gráfico 5. Disparidade entre as temperaturas mensais observadas e simuladas em Boaventura

vi) *Município de Mataraca*

Em Mataraca, município situado no litoral no estado, os dados simulados e observados mostram-se consideravelmente próximos, com desvios que variam entre -0,1°C em junho e 0,9°C em dezembro. (Gráfico6). Nessa região, assim como em Boaventura, é verificada uma semelhança entre o padrão de comportamento simulado pelo modelo e estabelecido pelos dados observados. Tal fator, associado à similaridade das previsões durante o ano, demonstra a precisão da aplicabilidade do modelo nessa região.

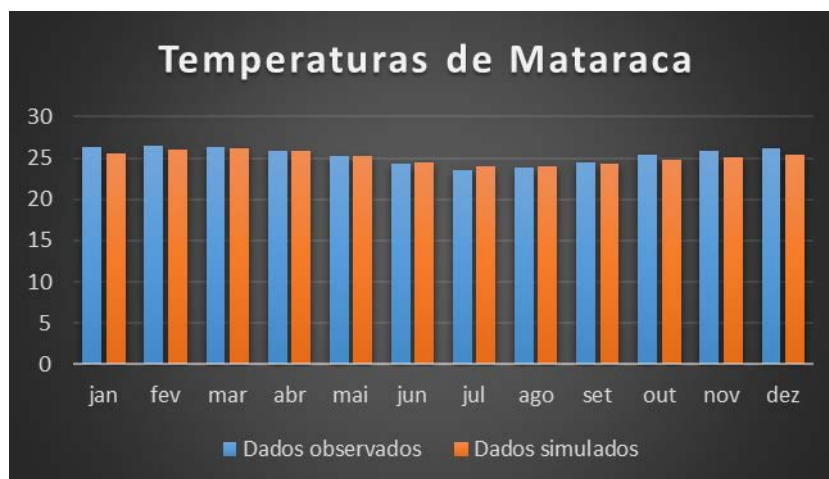


Gráfico 6. Disparidade entre as temperaturas mensais observadas e simuladas em Mataraca.

Considerações

Nota-se que a previsibilidade do modelo atmosférico utilizado não foi constante durante todos os períodos analisados, os valores simulados ficaram mais próximos dos observados no mês de julho do que nos demais. Nesse mês, caracterizado pelo auge da estação chuvosa na região, ocorre uma queda natural das temperaturas o que pode ter possibilitado uma maior aproximação dos dados simulados, que costumam apresentar valores inferiores às temperaturas observadas.

Em relação às áreas compreendidas na mesma faixa de temperatura, as disparidades verificadas também são compreensíveis, visto que a amplitude térmica média do estado é relativamente baixa o que acarreta o estreitamento das faixas consideradas. Dessa forma, uma pequena variação nos valores simulados já é capaz de caracterizar uma região em outra faixa de temperatura. Ainda assim, as previsões para o litoral e região central do estado apresentaram equivalência em praticamente todos os períodos analisados, o que caracteriza essas localidades como as detentoras das simulações mais próximas da realidade.

O sertão do Estado, por sua vez, apresentou as maiores divergências espaciais e quantitativas em todos os períodos analisados, o que pode ser explicado pela influência da amplitude térmica média nessa região com padrões climáticos relativamente diferentes.

CONCLUSÕES

As temperaturas observadas, assim como as simuladas, não apresentam grande variação espacial ao longo do ano, ambas demonstraram praticamente o mesmo

comportamento durante os quatro meses analisados. Á vista disso, as pequenas diferenças observadas na distribuição espacial simulada pelo modelo atmosférico, podem estar relacionadas à sua resolução de 40 km, que gera um número restritivo de pontos sobre o estado quando comparados à quantidade fornecida pelos dados observados.

Quanto à análise quantitativa, a extensão dos desvios encontrados compreendeu-se numa faixa de $-0,1^{\circ}\text{C}$ a 4°C . Fator que nos permite inferir que para a análise do parâmetro temperatura no Estado da Paraíba, o modelo ETA(CPTEC) é capaz de avaliar precisamente as temperaturas futuras da região e as possíveis interferências das mudanças climáticas, desde que passe por algumas correções.

Por fim, embora divergências tenham sido percebidas, sobretudo, na região semiárida, os resultados apresentados ainda são razoáveis tendo em vista a aplicação de um modelo atmosférico e os erros decorrentes do processo de Downscaling. Por isso, a aplicação do modelo ETA(CPTEC) mostra-se como uma alternativa viável para previsão das interferências das mudanças climáticas nas temperaturas futuras de todo o Estado da Paraíba. Aspecto de extrema importância na mitigação dos impactos sobre essa região que compreende áreas de vulnerabilidade elevada e alto valor ecossistêmico.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, F. H., Aquecimento global – efeitos do aumento da temperatura sobre a evapotranspiração de referência no Brasil. In: XIX Simpósio de recursos hídricos. 2011. Maceió.

CHOU, S. C. Modelo Regional ETA. **Climanálise - Boletim de monitoramento e análise climática**. São Paulo. v.27 n.10 dez. 2012

FORTUNATO, O. M. Efeitos da variabilidade de fatores climáticos sobre o escoamento em bacias do semiárido paraibano. In: VIII Simpósio de recursos hídricos do nordeste. 2006.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n.63, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e o impacto no bioma caatinga. CPTEC/INPE, 2007.

PERAZZOLI, M.; KAUFMANN, V.; PINHEIRO, A. Simulação de escoamentos na bacia do Ribeirão Concórdia (SC) para cenários climáticos futuros: A2 pessimista e B2 otimista. In: XIX Simpósio de recursos hídricos. 2011. Maceió.

RAMOS, A. M. Influência das mudanças climáticas devido ao efeito estufa na drenagem urbana de uma grande cidade. Recife: UFPE. 2010.