

Tendências Temporais e Espaciais das Condições Termo-Hídricas no Nordeste do Brasil

Antônio Heriberto de Castro Teixeira¹

Resumo

De acordo com vários estudos de cenários climáticos futuros, as regiões áridas e semiáridas serão as mais afetadas pelas elevações da temperatura do ar e reduções da pluviosidade. Dados climáticos históricos de temperatura e chuva foram usados em conjunto com projeções futuras do modelo HadCM3 do *Hadley Center*, na determinação da evapotranspiração de referência e de um índice termo-hídrico, para avaliação da variação nas disponibilidades mensais e anuais da disponibilidade de água no Nordeste brasileiro considerando-se as condições médias da linha base de 1961-1990 e os cenários do IPCC para 2020, 2050 e 2080. Maiores restrições hídricas, baseadas na redução dos valores mensais do índice termo-hídrico, irão ocorrer nos meses de junho, julho e agosto, enquanto no mês de janeiro, mesmo apresentando elevados incrementos nas taxas de evapotranspiração, menores reduções e alguns casos aumentos da precipitação, contribuirão para um menor efeito nas reduções das disponibilidades de água na região.

Palavras-chave: precipitação, evapotranspiração, índice hídrico, mudanças climáticas.

Introdução

As variações regionais da temperatura do ar e da precipitação podem exercer profundas influências nas disponibilidades hídricas de uma região. Aliada às alterações climáticas, uma maior escassez de água nas regiões semiáridas é esperada no futuro (GOUBESVILLE, 2008; TEIXEIRA, 2009). Para se ter uma ideia mais aproximada das reais disponibilidades hídricas, torna-se necessária a análise temporal e espacial dos parâmetros climáticos envolvidos no balanço de água, através do conhecimento da precipitação e da demanda atmosférica, representada pela evapotranspiração de referência (ET_0).

O aumento da temperatura do ar pode elevar a transferência de vapor d'água para a atmosfera, que conjuntamente com a redução das chuvas contribuirá para uma maior escassez de água, afetando o consumo hídrico humano e animal, bem como a agricultura de sequeiro. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar um indicador termo-hídrico simples para a delimitação das condições hídricas atuais e futuras do Nordeste do Brasil, a qual pode ser útil para subsídio no gerenciamento hídrico em larga escala.

Material e Métodos

Os dados históricos utilizados para a linha base foram os de temperatura média mensal do ar ($T_{mês}$), referentes a 75 estações agrometeorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os totais mensais de precipitação ($P_{mês}$) publicados pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

¹ Pesquisador da Embrapa Semiárido – Agrometeorologia, BR 428, Km 152, CP 23, CEP 56302-970, Petrolina, PE, heribert@cpatsa.embrapa.

(SUDENE) de 1.455 localidades do Nordeste brasileiro. Em locais com apenas dados pluviométricos, $T_{mês}$ foi estimada em função das coordenadas geográficas (CAVALCANTE; SILVA, 1994). A Figura 1 apresenta as localidades utilizadas na interpolação dos parâmetros agrometeorológicos. Estes dados medidos e estimados se referem à média climatológica da região, e neste estudo é considerada a linha base.

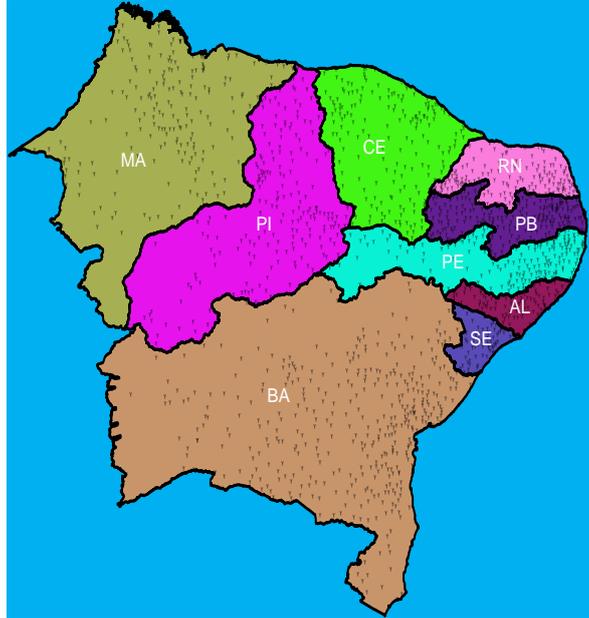


Figura 1. Localização das estações agrometeorológicas e postos pluviométricos na região Nordeste do Brasil.

Para as projeções de 2020, 2050 e 2080 foram usadas as grades mensais de temperatura média do ar e total de precipitação do modelo HadCM3 do *Hadley Center* para os cenários do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) A2 e B2 (IPCC, 2007). Considerando-se que os dados históricos de temperatura do ar são os mais facilmente disponíveis para o cálculo da ET_0 para todo o Nordeste brasileiro, o método de Thornthwaite (1948) foi aplicado às grades de temperatura tanto para a linha base como para os anos projetados. O índice hídrico em escala mensal ($IH_{mês}$) foi desenvolvido conforme Eq. 1 e aplicado na delimitação das condições hídricas nos diferentes cenários para cada mês.

$$IH_{mês} = \frac{P_{mês}}{ET_{0mês}} \quad (1)$$

Resultados E Discussão

A Tabela 1 contém os valores médios da temperatura do ar referentes à linha base (1961-1990) e as projeções para os anos 2020, 2050 e 2080, para cada mês e os cenários A2 e B2 do IPCC (2007) para o Nordeste do Brasil, e a Tabela 2 apresenta os dados de precipitação relativos a estes mesmos períodos e cenários.

Tabela 1. Valores médios mensais e anuais de temperatura do ar referentes à linha base (T_{BASE}) e aqueles projetados para os anos 2020, 2050, 2080, considerando-se os cenários A2 e B2 do IPCC ($T_{20_A2,B2}$, $T_{50_A2,B2}$ e $T_{80_A2, B2}$, respectivamente).

Mês	T_{BASE}	T_{20_A2}	T_{20_B2}	T_{50_A2}	T_{50_B2}	T_{80_A2}	T_{80_B2}
Jan	25,0	26,3	26,1	27,7	27,2	30,9	30,2
Fev	25,1	26,6	26,5	28,1	28,0	30,8	29,4
Mar	24,7	26,3	26,2	27,9	27,6	30,3	27,6
Abr	24,0	25,5	25,2	27,1	26,5	29,3	27,4
Mai	23,1	24,7	24,5	26,4	26,0	28,6	26,8
Jun	22,9	24,4	24,1	25,8	25,3	27,7	26,5
Jul	22,3	23,6	23,4	24,9	24,4	26,6	25,3
Ago	23,7	24,9	24,7	26,1	25,6	27,4	26,1
Set	24,7	26,0	25,9	27,2	27,1	28,4	27,5
Out	26,1	27,5	27,2	28,9	28,2	30,3	29,2
Nov	25,7	27,1	26,9	28,5	28,1	30,6	29,4
Dez	24,9	26,6	26,5	28,3	28,0	29,9	27,5
Ano	24,4	25,8	25,6	27,2	26,8	29,2	27,7

Maiores diferenças entre os anos projetados e a linha base ocorrem no período de janeiro a maio, chegando a um máximo de 5,9 °C no mês de janeiro entre o cenário A2 do ano de 2080 e a linha base. O valor mínimo das diferenças de 1 °C acontece no mês de agosto com relação ao cenário B2 do ano de 2020. Em média, a diferença anual da temperatura do ar variou de um mínimo de 1,2 °C para um máximo de 4,8 °C, comparando-se os cenários B2 do ano de 2020 e A2 do ano de 2080 com as condições base, respectivamente.

Tabela 2. Valores médios de precipitação referentes à linha base (P_{BASE}) e aqueles projetados para 2020, 2050, 2080 considerando-se os cenários A2 e B2 do IPCC, considerando-se os cenários A2 e B2 do IPCC ($P_{20_A2,B2}$, $P_{50_A2,B2}$ e $P_{80_A2, B2}$, respectivamente).

Mês	P_{BASE}	P_{20_A2}	P_{20_B2}	P_{50_A2}	P_{50_B2}	P_{80_A2}	P_{80_B2}
Jan	128	186	109	152	167	120	117
Fev	145	164	150	150	154	102	122
Mar	180	161	153	136	136	111	100
Abr	162	75	75	67	66	44	50
Mai	104	32	31	23	24	17	18
Jun	65	12	11	8	9	4	6
Jul	55	5	5	4	4	3	4
Ago	32	4	3	3	3	2	3
Set	30	7	7	5	4	5	5
Out	50	17	18	17	14	13	13
Nov	81	51	54	48	53	30	38
Dez	97	111	109	97	100	71	77
Ano	1129	825	725	710	734	521	553

No caso da precipitação, menores diferenças entre os anos projetados e a linha base ocorrem no período de dezembro a fevereiro, sendo alguns casos com aumento de precipitação, mas na grande maioria dos meses ocorrem decréscimos na quantidade de chuvas. Maiores reduções no total mensal de precipitação acontecem no período de abril a julho, apresentando uma diminuição máxima de 118 mm no mês de abril para o cenário A2 de 2080. Com relação às reduções anuais de precipitação, estas se situam entre 304 e 608 mm, para os cenários A2 de 2020 e 2080, respectivamente.

Na Figura 1 são apresentados os mapas de $IH_{mês}$ correspondentes à linha base (1961-1990).

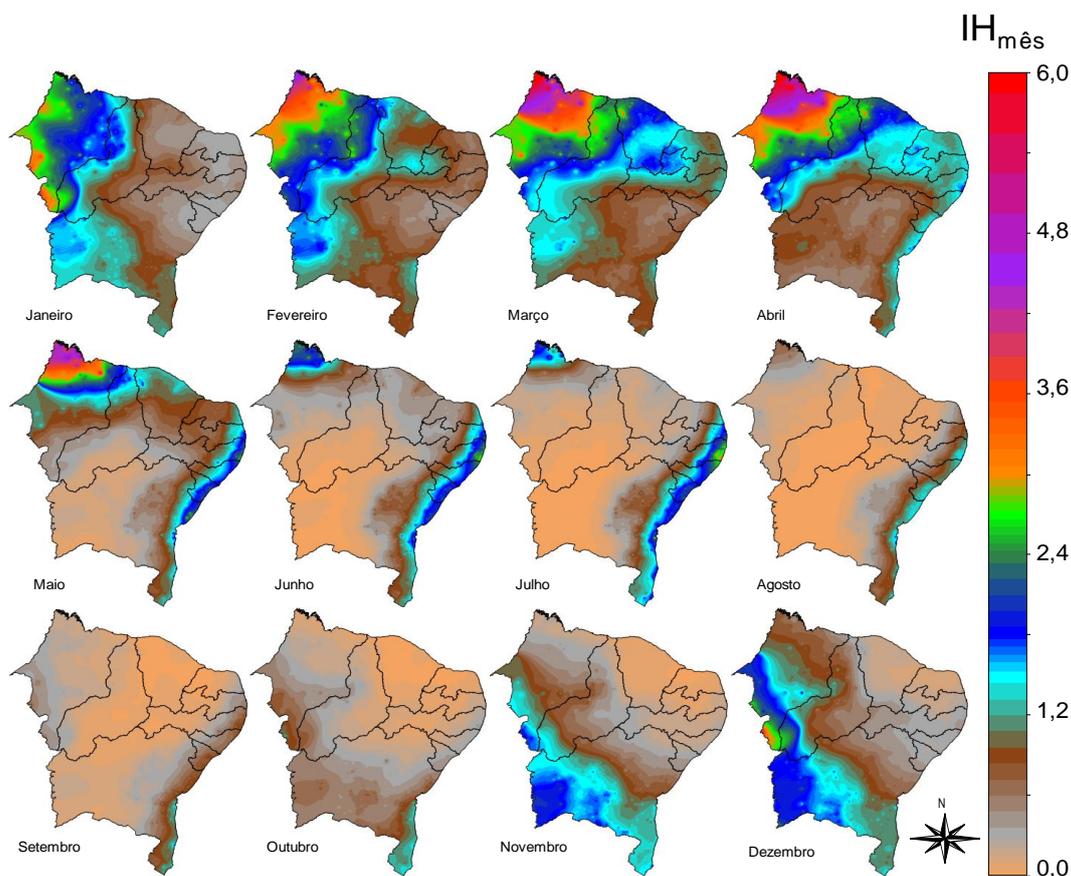


Figura 1. Mapas mensais do índice hídrico ($IH_{mês}$) para a região Nordeste do Brasil considerando a linha base (1960-1990)

O período compreendido entre os meses de agosto a outubro é evidenciado como o mais seco do ano, com valores médios de $IH_{mês}$ entre 0,22 e 0,33. Contudo, elevados valores acontecem, com médias acima de 1,00 entre janeiro e abril com pico de 1,62 em março. Considerando-se os estados, os valores mais altos são verificados no período de fevereiro a maio, acima de 2,50 na porção noroeste do Maranhão, enquanto que os menores, abaixo de 0,10, acontecem no Estado do Ceará nos meses de agosto e setembro.

A Tabela 3 apresenta as variações nas diferenças entre os valores médios da evapotranspiração de referência (ΔET_0) e do índice hídrico (ΔIH) com relação à linha base (1961-1990) e as projeções para 2020, 2050 e 2080 para cada mês e ano, considerando-se os cenários A2 e B2 do IPCC (2007) no Nordeste do Brasil.

Tabela 3. Variação dos valores médios da evapotranspiração de referência (ΔET_0) e do índice hídrico (ΔIH) entre as condições base (1961 – 1990) e os anos projetados de 2020, 2050 e 2080, considerando-se os cenários A2 e B2 do IPCC no Nordeste do Brasil.

INDICADORES HÍDRICOS													
Mês	Cenário A2						Cenário B2						
	2020		2050		2080		2020		2050		2080		
	ΔET_0 (mm)	ΔIH (%)											
Jan	20	+25	48	-10	173	-58	16	-23	36	+4	139	-50	

Fev	35	-13	69	-33	166	-70	34	-20	65	-30	110	-54
Mar	22	-22	54	-44	138	-67	20	-23	48	-41	45	-59
Abr	24	-55	53	-65	117	-82	19	-52	40	-61	62	-76
Mai	18	-64	43	-78	108	-88	16	-64	38	-76	58	-83
Jun	18	-77	40	-85	87	-94	15	-79	31	-83	54	-90
Jul	12	-86	27	-90	58	-93	9	-86	20	-90	37	-90
Ago	13	-82	32	-91	57	-91	10	-82	23	-86	33	-86
Set	22	-73	48	-82	81	-82	21	-73	43	-86	57	-82
Out	28	-64	68	-73	143	-82	20	-61	48	-73	84	-76
Nov	30	-46	68	-57	179	-77	26	-43	57	-50	99	-71
Dez	28	-4	72	-28	125	-59	25	-4	60	-25	44	-38
Média	23	-47	52	-61	119	-79	19	-51	42	-58	69	-71

Como resultado de uma menor variação nos valores de temperatura do ar, os meses de julho e agosto apresentam uma menor diferença entre os valores da ET_0 com relação à linha base e os anos projetados tanto no cenário A2 como B2. Por outro lado, os meses críticos, com grandes aumentos na demanda atmosférica são de outubro a fevereiro, com valores médios de ΔET_0 acima de 130 mm em fevereiro no cenário A2 do ano projetado de 2080.

Com relação ao IH, as diferenças entre os valores da linha base e os anos projetados são analisadas em valores percentuais. Embora os meses de junho, julho e agosto não sejam aqueles com maiores reduções de precipitação (diminuição entre 30 mm e 60 mm), o efeito preponderante no aumento das taxas de evapotranspiração faz com que as condições hídricas projetadas para estes meses sejam as de maiores reduções do IH, chegando a uma queda máxima de 94% no cenário A2 de junho de 2080. Por outro lado, mesmo o mês de janeiro apresentando elevados incrementos nos valores de temperatura do ar, contribuindo para elevação da evapotranspiração, as menores reduções e alguns casos aumento da precipitação, contribui para um menor efeito na diminuição dos valores de ΔIH , aumentando em alguns casos os valores de IH em até 25% no mês de janeiro projetado para o ano 2020 do cenário A2 do IPCC (2007).

Conclusões

Uma razão simples entre precipitação mensal e os correspondentes de evapotranspiração de referência, em conjunto com grades de temperatura do ar e precipitação do centro Hadley (HadCM3), permitem as análises das condições hídricas da região Nordeste do Brasil sob diferentes cenários do IPCC.

O período de maior redução das disponibilidades hídricas com relação à linha base de 1961-1990 e os anos projetados é aquele mais frio e mais seco, com quedas maiores que 90% nos valores do índice hídrico mensal.

Referências

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 8.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 1994, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1994. p.154-157.

GOUBESVILLE, P. Challenges for integrated water resources management. **Physics and Chemistry of the Earth**, Oxford, v. 33, p. 284-289, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHNGE. Summary for policymakers. In: SOLOON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; M. TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (Ed.). **Climate Change 2007: the physical science basis**. Cambridge: IPCC: Cambridge University Press, 2007. p. 1-18.

TEIXEIRA, A. H. de C. **Water productivity assessments from field to large scale**: a case study in the brazilian semi-arid region. Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2009. 226 p.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, p.55-94, 1948.