

Tendências na variabilidade climática sazonal e anual das temperaturas máxima e mínima do ar no Estado do Paraná

Rosandro Boligon Minuzzi (1*); Paulo Henrique Caramori (2); Edmirson Borrozino (2)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, Av. Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, 88034-001 Florianópolis (SC).

(2) Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 481, 86047-902 Londrina (PR).

(*) Autor correspondente: rbminuzzi@cca.ufsc.br

Recebido: 22/abr./2010; Aceito: 9/set./2010.

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo analisar a variabilidade sazonal e anual das temperaturas máxima e mínima do ar no Estado do Paraná. A Análise de Regressão e o teste de Kendall foram utilizados para testar a tendência das médias de temperatura máxima e mínima, do número de dias com registros de temperatura inferior a 3 °C, dos eventos extremos e valores absolutos diários da temperatura máxima e mínima nas escalas sazonal (verão, outono, inverno e primavera) e anual. Os pontos de descontinuidade obtidos pelo Teste de Homogeneidade Normal Padrão mostram resultados mais expressivos para a temperatura máxima anual e no outono. Para esta variável meteorológica os pontos foram obtidos predominantemente no início da década de 2000. Na temperatura máxima anual e, principalmente na temperatura mínima, em todas as escalas de tempo, houve tendência de aumento. Esse aumento relativamente maior da temperatura mínima sugere uma diminuição na amplitude térmica no Paraná. Os valores dos extremos diários da temperatura mínima estão sendo maiores, porém, menos frequentes. Por outro lado, as temperaturas máximas têm sido mais intensas e frequentes, especialmente na primavera.

Palavras-chave: amplitude térmica, climatologia estatística, eventos extremos.

Trends in annual and seasonal climate variability of the minimum and maximum air temperatures in the State of Paraná, Brazil

Abstract

This study aimed to analyze the variability of seasonal and annual maximum and minimum air temperatures in the State of Paraná, southern Brazil. The regression analysis and Kendall test were used to test the trend of mean maximum and minimum temperatures, number of days with records of temperature below 3 °C, extreme events and absolute daily maximum and minimum temperatures on seasonal scales (summer, autumn, winter and spring) and annual. The points of discontinuity obtained by the Standard Normal Homogeneity Test showed more significant results for the annual maximum temperature in the autumn. For this meteorological variable points were obtained predominantly in the early 2000s. The annual maximum temperature and mainly minimum temperature at all time scales tended to increase. This increase was relatively larger in the minimum temperature, which suggests a decrease in the thermal amplitude in Paraná. The values of the extreme daily minimum temperature are being higher, but less frequent. On the other hand, the maximum temperatures have been more intense and frequent, especially in spring.

Key words: thermal amplitude, statistical climatology, extreme events.

1. INTRODUÇÃO

O tema mudanças climáticas tem sido amplamente discutido pela sociedade e governantes e difundido mundialmente pela imprensa, em razão dos possíveis efeitos no ecossistema. Contudo, o clima global nem sempre foi como hoje o conhecemos. Comparando o comportamento climático das décadas recentes com as transformações observadas no decorrer da história da Terra, alguns questionamentos vêm à tona, como o fa-

tor responsável (natural ou antropogênico), as regiões que estão ou poderão ser atingidas e a escala temporal apropriada, ou seja, se a presente variabilidade deve-se a um ciclo ou a uma mudança do clima.

Na escala regional, estas mudanças são muito divergentes e nem sempre acompanham a tendência global, principalmente em referência à temperatura. BONSAL et al. (2001) analisaram a variabilidade espacial e temporal das temperaturas extremas no Canadá para o período de 1950-1998 e verificaram grandes diferenças na escala

regional e sazonal. CHUNG e YOON (2000) destacaram que na Coréia, entre 1974 a 1997, a temperatura média anual nos grandes centros urbanos aumentou em torno de 1,5 °C, enquanto nas estações marinhas e localizadas na zona rural, os aumentos foram em torno de 0,58 °C.

Porém, para qualquer setor da sociedade ou da economia, como a agricultura, tão importante quanto analisar as tendências dos valores médios de um elemento meteorológico como a temperatura, é averiguar as suas características, como os valores absolutos, extremos e a amplitude. EASTERLING et al. (1997) analisaram as tendências nos extremos da temperatura do ar global e a consequente implicação na amplitude térmica. Com dados de 5400 estações meteorológicas distribuídas pelo mundo (54% da superfície terrestre) constatou-se uma tendência de aumento da temperatura máxima de 0,88 °C/século. Com o aumento da temperatura mínima de 1,86 °C/século, ficou constatado um decréscimo da amplitude. Os resultados foram semelhantes quando analisado o efeito urbano, ou seja, considerando somente estações meteorológicas localizadas em cidades com populações acima de 50 mil (1300 estações). Na América do Sul, para o aumento significativo da temperatura mínima, principalmente a partir da década de 1970, EASTERLING et al. (1997) destacaram como fator principal, o aumento da nebulosidade.



Figura 1. Localização geográfica das estações meteorológicas localizadas no Estado do Paraná e utilizadas no estudo.

Apesar da grande ressalva que se faz atualmente quanto à inclusão do fator antropogênico na variabilidade temporal e espacial de elementos meteorológicos, há os fatores naturais resultantes da interação oceano-atmosfera como o El Niño Oscilação Sul (ENOS), a Oscilação Decadal do Pacífico (Pacific Decadal Oscillation - PDO) e a Oscilação do Atlântico Norte (North Atlantic Oscillation - NAO) que resultam em flutuações interanual e decadal em algumas regiões do globo. Por esse motivo, em estudos no âmbito climático devem-se buscar metodologias que visem identificar possíveis ciclos do clima, auxiliando na melhoria das projeções climáticas futuras, principalmente na escala regional.

Diante destas questões, este estudo objetiva analisar o comportamento sazonal e anual das características (média, extremos e valores absolutos) da temperatura máxima e da temperatura mínima do ar no Estado do Paraná, identificando pontos de descontinuidade na variabilidade climática e determinando as tendências da série e nos períodos divididos pelos pontos de descontinuidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados diários de temperatura máxima e temperatura mínima do ar de estações meteorológicas localizadas no Estado do Paraná (Figura 1), pertencentes ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Na tabela 1 constam demais informações das estações meteorológicas como a latitude (Lat), longitude (Long), altitude (Alt) e o período de análise.

As lacunas das séries temporais foram preenchidas com dados de estações meteorológicas vizinhas, valendo-se do método de regressão linear (WILKS, 2006) como indicador de condições térmicas semelhantes ao nível de 5% ($p < 0,05$) para se efetuar o preenchimento. O teste não-paramétrico denominado 'run test', ou teste de sequência, foi aplicado para avaliar a homogeneidade das séries meteorológicas, como forma de minimizar o efeito de possíveis fatores não naturais nos registros meteoroló-

Tabela 1. Código, coordenadas geográficas (Lat e Long), altitude (Alt) e período de análise da série das estações meteorológicas utilizadas no estudo

Município	Código	Lat (°)	Long (°)	Alt(m)	Período em análise
Bela Vista do Paraíso	2251027	-22,95	-51,20	600	jan/68 – out/2009
Joaquim Távora	2349030	-23,50	-49,95	512	jan/66 – set/2009
Cambará	2350017	-23,00	-50,03	450	mar/57 – set/2009
Apucarana	2351008	-23,50	-51,53	746	jan/65 – out/2009
Ibiporã	2351011	-23,27	-51,02	484	jan/66 – out/2009
Umuarama	2353008	-23,73	-53,28	480	jan/72 – set/2009
Palotina	2453003	-24,30	-53,92	310	set/72 – set/2009
Morretes	2548038	-25,50	-48,82	59	jan/66 – ago/2009
Ponta Grossa	2550024	-25,22	-50,02	880	jan/54 – set/2009
Fernandes Pinheiro	2550025	-25,45	-50,58	893	jan/63 – set/2009
Clevelândia	2652003	-26,42	-52,35	930	jan/73 – set/2009

gicos (erros de leitura, mudança de instrumentos, entre outros). Recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), em sua Nota Técnica n.º 81, o referido teste consiste na contagem do número de ocorrências de valores observados da série temporal, situados abaixo e acima da mediana, testando o resultado da contagem mediante uso de uma tabela de distribuição do número de 'runs'.

Dois métodos foram utilizados para testar a tendência da média da temperatura máxima e mínima, do número de dias com registros de temperatura inferior a 3 °C (nT_{min3}), dos eventos extremos e valores absolutos diários da temperatura máxima e mínima nas escalas sazonal (verão, outono, inverno e primavera) e anual, a saber: o teste da análise de regressão e o teste de Kendall (KENDALL, 1938). Apenas para a análise do número de dias com ' nT_{min3} ' foi realizado no período de maio a agosto.

A análise de regressão foi utilizada para indicar alterações climáticas por meio da significância do coeficiente angular de uma reta ajustada aos dados. O teste consiste em determinar o intervalo de confiança do coeficiente, e se este intervalo não incluir o valor zero, a tendência é significativa. O coeficiente de Kendall é um teste não-paramétrico e considera a diferença entre a probabilidade que os dados observados de duas variáveis estejam na mesma ordem, contra a probabilidade que esses dados estejam em ordens diferentes para as referidas variáveis. Um valor positivo do coeficiente de Kendall indica tendência de aumento, enquanto um valor negativo indica tendência de decréscimo, desde que, significativos ao nível de 5% ($p < 0,05$) ou 1% ($p < 0,01$), obtidos pelo p-valor. Ambos os testes foram aplicados para três períodos e, para a identificação do ponto de descontinuidade das séries temporais, foi utilizado o Teste de Homogeneidade Normal Padrão (THNP). Proposto por ALEXANDERSSON (1986), o THNP testa um desvio na média (\bar{Y}) e estabelece como hipótese nula que a variável sazonal/anual Y_i (i é o ano de 1 a n) a ser testada é independente e identicamente distribuída. Assim, o teste $T(k)$ compara a média dos primeiros k anos de registros sazonais/anual com os últimos $n-k$ anos:

$$T(k) = k\bar{z}_1^2 + (n-k)\bar{z}_2^2 \quad k=1, \dots, n \quad (1)$$

sendo:

$$\bar{z}_1 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{(Y_i - \bar{Y})}{s} \quad \text{e} \quad \bar{z}_2 = \frac{1}{n-k} \sum_{i=k+1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})}{s}$$

Se o ponto de mudança está localizado no ano K , então $T(k)$ atinge um máximo próximo ao ano $k = K$. O teste estatístico T_0 é definido como:

$$T_0 = \max_{1 \leq k < n} T(k)$$

A hipótese nula será rejeitada se T_0 estiver acima de um determinado nível, que é dependente do tamanho da amostra. Os valores críticos a 5% para o teste estatístico de T_0 adotados neste estudo foram definidos por ALEXANDERSSON e MOBERG (1997).

Os extremos diários de temperatura máxima e temperatura mínima foram considerados aos valores sazonais acima do percentil 0,95 e abaixo do percentil 0,05 respectivamente. O cálculo visou analisar a tendência da frequência e intensidade dos extremos da temperatura. Para a frequência foi obtido um valor limite obtido de toda a série e feito a contagem das ocorrências diárias acima/abaixo dos referidos percentis. Para a intensidade, foi calculado um valor sazonal em cada ano. Os seguintes meses foram definidos como representativos de cada um dos períodos sazonais: dezembro a fevereiro (verão), março a maio (outono), junho a agosto (inverno) e setembro a novembro (primavera).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As séries da temperatura máxima utilizadas neste estudo são predominantemente homogêneas (Tabela 2). A exceção mais expressiva é feita para os dados da estação meteorológica localizada em Ponta Grossa com três situações de 'não homogeneidade'. Para a temperatura mínima, as séries consideradas estatisticamente como 'não homogêneas' foram maiores, como no inverno e na primavera, com cinco e quatro situações respectivamente.

A temperatura máxima no Paraná teve mudanças na sua variabilidade concentrada no início da década de 2000 (Tabela 3), principalmente no outono e na escala anual. As séries de Ponta Grossa, Umuarama e Fernandes Pinheiro são bons exemplos deste comportamento.

A temperatura mínima também permite identificação com períodos de pontos de descontinuidade predominantes, sendo mais notável na primavera, em que o ponto de descontinuidade ficou centrado quase em sua totalidade em 1989, mas em apenas dois municípios (Morretes e Ponta Grossa) de forma significativa (Tabela 3). Foi, porém, em escala anual e no outono que houve o maior número de pontos estatisticamente significativos, sendo no primeiro, com pontos predominantemente centrados no fim da década de 1970 e início na de 1980. A extensão da série temporal utilizada nos estudos é fundamental na identificação de ciclos através dos pontos de descontinuidade. O número de pontos identificados próximos do início da série temporal estudada, como foi no outono durante o fim da década de 1960, no Norte do Paraná, pode ser uma premissa de que a temperatura mínima não esteja sendo influenciada significativamente por variabilidades climáticas de escalas temporais perceptíveis a um período inferior de 45 anos.

Tabela 2. Resultados do teste de sequência para definição da homogeneidade nas séries de temperatura máxima e temperatura mínima durante o verão (Ver), outono (Out), inverno (Inv) e Primavera (Prim)

Município	Temperatura máxima				Temperatura mínima			
	Ver	Out	Inv	Prim	Ver	Out	Inv	Prim
Bela V. do Paraíso	H	H	H	H	H	H	H	H
Joaquim Távora	H	H	H	H	NH	NH	H	NH
Cambará	H	H	H	H	NH	NH	NH	H
Apucarana	H	H	H	H	H	H	H	H
Ibiporã	H	H	H	H	NH	H	NH	NH
Umuarama	H	H	H	NH	H	H	H	H
Palotina	H	H	H	H	H	H	H	H
Morretes	H	H	H	H	H	H	NH	NH
Ponta Grossa	NH	H	NH	NH	H	H	NH	NH
Fernandes Pinheiro	H	H	H	H	H	H	NH	H
Clevelândia	H	H	H	H	H	H	H	H

H=Homogênea; NH=Não Homogênea

Tabela 3. Pontos de descontinuidade no comportamento da temperatura máxima (a) e mínima (b) sazonal e anual para alguns municípios do Estado do Paraná

Município	Início análise	Ponto de descontinuidade temperatura máxima				
		Verão	Outono	Inverno	Primavera	Anual
Bela Vista do Paraíso	1968	1972	2000	1996	1983	2000
Joaquim Távora	1966	2003	1966	2008	2006	1988
Cambará	1957	1958	2000	2008	2007	1957
Apucarana	1965	1983	2001	2008	2001	2001*
Ibiporã	1966	1968	2000	1993	1998	1999
Umuarama	1972	2002*	2001**	1993	2001	2001**
Palotina	1972	2008	2000	1993	2006	2000
Morretes	1966	2003	2000	2004	1966	2000
Ponta Grossa	1954	2002	2001**	2001	2001*	2001**
Ferdandes Pinheiro	1963	1983	2000*	2000	2000	2000**
Clevelândia	1973	2004	2001	1993	2001	2001

Município	Início análise	Ponto de descontinuidade temperatura mínima				
		Verão	Outono	Inverno	Primavera	Anual
Bela Vista do Paraíso	1968	1983	1968**	1996	1989	1968
Joaquim Távora	1966	1982	1979	1981	1989	1981*
Cambará	1957	1993	1979*	1976	1989	1976*
Apucarana	1965	1995	1968	1993	1989	1996
Ibiporã	1966	1996	1968	2000	1989	1995
Umuarama	1972	1972	2000	1993	1989	2002
Palotina	1972	2001	2002	1982	1974	1974
Morretes	1966	1968	1967**	2000*	1989*	1994
Ponta Grossa	1954	1985	1979*	1990	1989*	1982**
Ferdandes Pinheiro	1963	1982	1979	2000	1991	1991*
Clevelândia	1973	2003	1979	1993	1989	1993

** p<0,01; * p<0,05.

No contexto geral, estes resultados são coerentes aos obtidos por outros estudos que apontam o fim da década de 1970 ao de 1990 como de mudanças na variabilidade da temperatura do ar. Na análise mensal em quatro municípios localizados em diferentes regiões climáticas de Santa Catarina, foram identificados pontos de descontinuidade

entre 1995 e 2001 para a temperatura máxima, e entre 1988 e 1993 para a temperatura mínima (¹). FENG e HU (2004) citam o estudo de JONES e MOBERG (2003) no qual relatam que a temperatura média do ar aumentou 0,7 °C no século XX e o de JONES et al. (2001), em que este aquecimento ocorreu em dois períodos. O primeiro de 1910 a

(¹) MINUZZI, R.B. Tendências climáticas em Santa Catarina e suas influências nos cultivos da macieira e da videira. Florianópolis: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2009. 33p. (Trabalho para concurso público n.º34/DDPP/2009)

1945, e o outro, no fim da década de 1970 até o fim do século XX, com aumento abrupto em relação a qualquer outra situação semelhante à observada no último milênio. CHMIELEWSKI et al. (2004) observaram tendência de aumento linear na temperatura média anual de 0,36 °C por década na Alemanha, e também destacaram a forte mudança desta variável, a partir do fim dos anos 1980, citando estudo de HOUGHTON et al. (2001). MOLION (2005) relata que parte do aquecimento observado nas recentes décadas, pode ter sido decorrente da grande contribuição à mudança das anomalias de negativas para positivas do oceano Pacífico em meados da década de 1970, sugerindo a influência de fenômenos de escala planetária como o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Decadal do Pacífico (Pacific Decadal Oscillation - PDO). Este autor ressalta que a frequência de eventos El Niño de forte intensidade foi maior entre 1977 e 1998, o que pode ter contribuído, em parte, para o maior aquecimento nos períodos recentes, pois o El Niño aquece a baixa troposfera, como ocorreu em 1997/1998, quando houve aumento de 0,8 °C na temperatura média global. Porém, estas afirmações diferem em parte das relatadas por COLLINS et al. (2009). Usando dados de temperatura sobre a América do Sul de 1948 a 2007, os resultados sugerem que, provavelmente, a mudança climática verificada sobre o continente não é

predominantemente uma resposta às variações do ENOS, mas sim, em resposta a outro tipo de variabilidade climática e/ou como resultado de atividades humanas.

É perceptível a tendência de aumento da temperatura do ar no Paraná, porém, de forma discreta para a temperatura máxima (Tabela 4). Para esta variável meteorológica, a primavera e, principalmente, na escala anual, houve maior número de tendências significativas, com aumento entre 0,3 °C e 0,6 °C/década na primavera e entre 0,1 °C e 0,4 °C/década na escala anual (Tabela 4). A distribuição espacial irregular das estações meteorológicas e o número relativamente menor de tendências significativas da temperatura máxima impedem definir regiões do Estado mais propícias a esta variabilidade, e consequentemente, associá-las a sistemas meteorológicos de escala sinótica. Para a temperatura mínima, é perceptível o aumento observado em todas as escalas temporais e em quase todas as estações meteorológicas analisadas, independentemente da homogeneidade ou não de suas séries. As exceções unânimes em todos os períodos analisados são as estações de Palotina e Clevelândia, localizadas a Oeste e Sudoeste do Estado. Nos demais municípios, os aumentos foram semelhantes entre os períodos analisados, de 0,1 °C a 0,6 °C/década. A diminuição do número de dias com temperatura mínima inferior a 3

Tabela 4. Coeficientes angulares para toda a série sazonal e anual da temperatura máxima (a) e temperatura mínima e do número de registros de temperatura mínima abaixo dos 3 °C (nTmin3) (b)

Município	Média temperatura máxima (toda a série)				
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Anual
Bela Vista do Paraíso	ns	ns	ns	0,05**	0,03**
Joaquim Távora	-0,02*	ns	ns	ns	ns
Cambará	ns	ns	ns	ns	0,01*
Apucarana	ns	ns	ns	ns	0,02*
Ibiporã	ns	ns	ns	0,04**	0,02**
Umuarama	0,04**	0,04**	0,03*	0,06**	0,04**
Palotina	ns	ns	ns	ns	ns
Morretes	ns	ns	ns	ns	ns
Ponta Grossa	ns	ns	ns	ns	ns
Fernandes Pinheiro	0,02**	0,02*	ns	ns	0,03**
Clevelândia	ns	ns	ns	0,03*	0,02**

Município	Média temperatura mínima (toda a série)					nTmin3 mai.-ago.
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Anual	
Bela Vista do Paraíso	0,02**	0,03**	0,05**	0,05**	0,04**	ns
Joaquim Távora	0,04**	0,06**	0,03**	0,04**	0,05**	ns
Cambará	0,03**	0,06**	0,04**	0,05**	0,03**	-0,09**
Apucarana	0,02*	0,02*	ns	0,02**	0,02**	-0,03*
Ibiporã	0,03**	0,03*	0,03**	0,04**	0,03**	ns
Umuarama	0,02**	0,03*	0,03*	0,03*	0,03**	ns
Palotina	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Morretes	0,02**	0,01**	0,04**	0,03**	0,03**	-0,04**
Ponta Grossa	0,02**	0,03**	0,03**	0,02**	0,03**	-0,18**
Fernandes Pinheiro	0,04**	0,03**	0,03**	0,04**	0,04**	-0,13**
Clevelândia	ns	ns	ns	ns	ns	ns

** p<0,01; * p<0,05; ns= não significativo (p>0,05).

°C entre maio e agosto foi inversamente proporcional ao aumento da temperatura mínima, apesar desta relação não ter sido observada em todos os municípios (Tabela 4). Na região de Ponta Grossa e Fernandes Pinheiro, a diminuição foi de 1 a 2 dias por década, sugerindo menor número de ocorrências de geada.

As tendências climáticas antes e após os pontos de descontinuidade significativos não obtidos no início/fim da série revelam que o aumento da temperatura do ar previamente discutido, foi observado antes do ponto, salvo o caso de Ponta Grossa para a temperatura máxima na primavera e anual (Tabela 5). Esta exclusividade de Ponta Grossa sugere um possível fator de microclima ou erro instrumental/observacional. Um dos processos que influenciam a temperatura local está associado ao grau de urbanização. De acordo com KALNAY e CAI (2003), é particularmente evidente no caso dos Estados Unidos, onde metade dos decréscimos observados na amplitude da temperatura diurna foi atribuída à urbanização e a outros tipos de alteração na cobertura do solo.

Mesmo com pontos de descontinuidade significativamente diferentes entre si, a análise anual da temperatura máxima e mínima em Fernandes Pinheiro mostra que após o ponto de descontinuidade, as temperaturas médias anuais sempre estiveram acima da normal climatológica (média de 1961-1990) com os recordes registrados durante a década de 2000 e sem tendência climática (Figura 2). Estas características foram semelhantes às apresentadas pela temperatura mínima anual em Cambará (Figura 2).

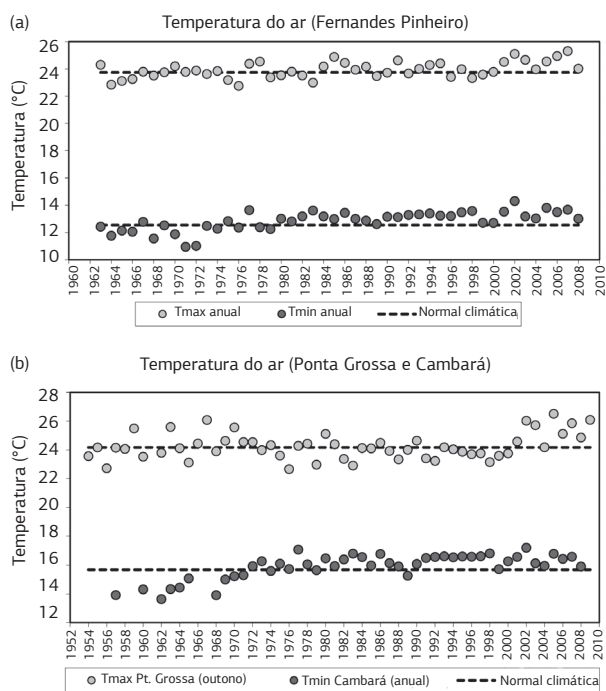


Figura 2. Variabilidade temporal da temperatura máxima e mínima anual, em Fernandes Pinheiro (a) e da temperatura máxima de outono em Ponta Grossa e mínima anual em Cambará (b).

Mesmo não havendo tendências significativas nos dois períodos separados pelo ponto de descontinuidade, percebe-se na temperatura máxima em Ponta Grossa a sequência de elevados registros obtidos na década de 2000 (Figura 2). Estes exemplos revelam que mesmo com o aumento observado da temperatura do ar média no Paraná em toda a série, esta tendência não foi gradual, ou seja, não foi possível identificar com precisão, marcantes indícios de mudança do clima ou de um ciclo climático perceptível para o tamanho da série temporal utilizada.

Apesar do discreto aumento constatado nas séries da temperatura máxima, pelos resultados da tabela 6, nota-se que os extremos e máximos absolutos diários desta variável meteorológica tiveram aumento predominante no Paraná, especialmente no outono e primavera (extremos diários) e no inverno e na primavera (máximo absoluto diário). Característica igualmente observada para a temperatura mínima, porém, mais coerente com o número de registros significativos da tendência sazonal apresentada pelas médias. Quanto aos extremos diários, este aumento foi mais visível no verão e na primavera, enquanto os mínimos absolutos foram predominantemente mais intensos no verão (Tabela 7). Os resultados são coerentes aos verificados por EASTERLING et al. (2000), que associaram os aumentos da temperatura do ar em algumas regiões do mundo proporcionalmente com o aumento na intensidade e/ou frequência de eventos extremos de temperatura. BROWN et al. (2008) citado por COLLINS et al. (2009) também indicaram que os extremos diários de temperatura máxima e mínima do ar têm aumentado em grande parte das regiões do mundo desde 1950.

Os resultados anotados para a tendência no número de ocorrências de extremos diários de temperatura máxima é idêntico ao obtido para a intensidade, durante o inverno e a primavera. Assim, a primavera foi o período com o maior número de tendências positivas significativas, enquanto no verão houve um discreto predomínio de decréscimo na frequência de eventos extremos (Tabela 8).

A temperatura mínima, apesar dos significativos resultados de aumento nos seus valores médios sazonais/anuais, extremos e absolutos diários previamente discutidos, teve diminuição predominante na frequência de eventos extremos diários, principalmente, nos períodos mais quentes (verão e primavera). Portanto, nas últimas décadas, as noites mais quentes no Paraná têm sido menos frequentes, porém, quando ocorrem, são muito intensas. Destacam-se as situações de Morretes, Cambará e Ponta Grossa, com as referidas características da temperatura mínima observadas em todos os períodos sazonais. No estudo envolvendo a América do Sul, VINCENT et al. (2005) também observaram, na maioria das estações (principalmente as localizadas nas costas leste e oeste do continente), tendência de diminuição na frequência de eventos extremos diários da temperatura mínima no período de 1960 a 2000. Para os

Tabela 5. Coeficientes angulares para dois períodos da temperatura máxima (a) e temperatura mínima (b) sazonal e anual, dividido pelos pontos de descontinuidade significativos

Município	Média temperatura máxima									
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Anual	
Apucarana									ns	ns
Umuarama	0,03**	ns	ns	ns					0,03**	ns
Ponta Grossa			ns	ns			-0,03*	ns	-0,02**	ns
Fernandes Pinheiro			ns	ns					0,04**	ns

Município	Média temperatura mínima									
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		Anual	
Joaquim Távora									0,15**	ns
Cambará			0,14**	ns					0,11**	ns
Morretes					0,03**	ns	0,03*	ns		
Ponta Grossa			ns	ns			ns	ns	0,04**	ns
Fernandes Pinheiro									0,05**	ns

** p<0,01; * p<0,05; ns= não significativo (p>0,05).

Tabela 6. Tendências da intensidade dos extremos e máximos absolutos diários da temperatura máxima (T_{máx}) sazonal em alguns municípios do Estado do Paraná

Município	Extremo diário da T _{máx} (intensidade)				T _{máx} absoluta diária (intensidade)			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Bela Vista do Paraíso	+	+	++	++	ns	+	++	++
Joaquim Távora	--	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cambará	+	+	ns	+	ns	+	ns	ns
Apucarana	ns	ns	ns	+	ns	ns	ns	+
Ibiporã	ns	+	+	++	+	+	+	++
Umuarama	+	+	++	++	++	ns	++	++
Palotina	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns
Morretes	ns	ns	ns	ns	ns	ns	+	ns
Ponta Grossa	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns
Fernandes Pinheiro	ns	+	++	++	+	+	+	+
Clevelândia	ns	+	ns	+	ns	ns	ns	+

++ e -- p<0,01; + e - p<0,05; ns= não significativo (p>0,05).

Tabela 7. Tendências da intensidade dos extremos e mínimos absolutos diários da temperatura mínima (T_{mín}) sazonal em alguns municípios do Estado do Paraná

Município	Extremo diário da T _{mín} (intensidade)				T _{mín} absoluta diária (intensidade)			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Bela Vista do Paraíso	ns	ns	ns	++	+	ns	ns	ns
Joaquim Távora	+	ns	ns	++	ns	ns	ns	ns
Cambará	++	++	++	++	+	++	+	++
Apucarana	+	ns	ns	ns	++	ns	+	ns
Ibiporã	++	ns	ns	+	++	ns	ns	ns
Umuarama	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Palotina	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Morretes	+	++	++	++	++	+	++	++
Ponta Grossa	++	+	++	+	++	++	++	ns
Fernandes Pinheiro	++	ns	+	+	++	ns	+	ns
Clevelândia	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

++ e -- p<0,01; + e - p<0,05; ns= não significativo (p>0,05).

Tabela 8. Tendências da frequência dos extremos da temperatura máxima (T_{máx}) e temperatura mínima (T_{mín}) sazonal em alguns municípios do Estado do Paraná

Município	Extremo diário da T _{máx} (frequência)				Extremo diário da T _{mín} (frequência)			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Bela Vista do Paraíso	+	ns	++	++	ns	ns	ns	--
Joaquim Távora	--	ns	ns	ns	-	-	ns	--
Cambará	ns	++	ns	+	--	--	--	--
Apucarana	ns	ns	ns	+	--	ns	ns	-
Ibiporã	ns	ns	+	++	--	ns	ns	-
Umuarama	++	ns	++	++	ns	ns	ns	ns
Palotina	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Morretes	-	ns	ns	ns	-	-	--	--
Ponta Grossa	--	ns	ns	ns	--	-	--	--
Fernandes Pinheiro	ns	ns	++	+	--	ns	-	--
Clelândia	ns	+	ns	+	ns	ns	ns	ns

++ e -- p<0,01; + e - p<0,05; ns= não significativo (p>0,05).

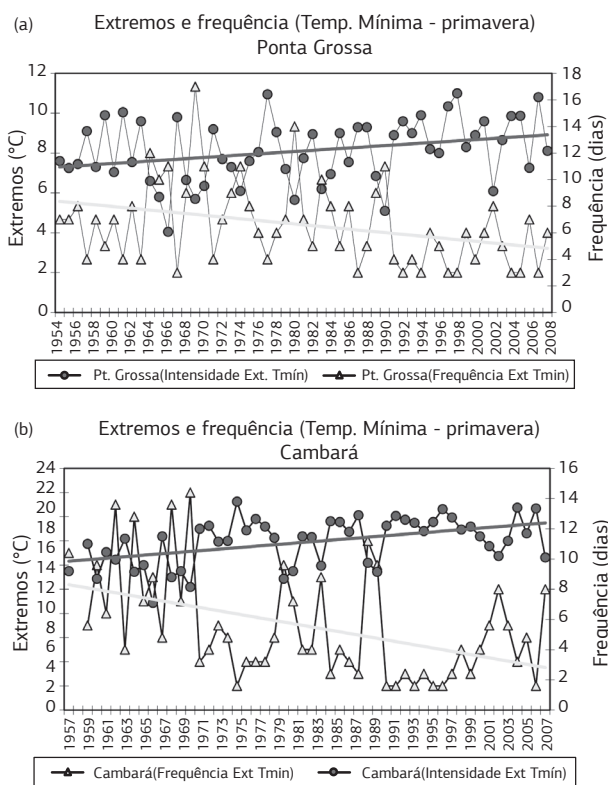


Figura 3. Variabilidade temporal e tendências climáticas dos valores extremos da temperatura mínima e da sua frequência durante a primavera, em Ponta Grossa (a) e em Cambará (b).

municípios de Cambará e Ponta Grossa, a figura 3 ilustra como exemplo, a variabilidade temporal dos extremos da temperatura mínima e da sua frequência durante a primavera, sendo visíveis as tendências opostas da intensidade com o número de ocorrências.

4. CONCLUSÃO

Foram identificadas mudanças na variabilidade climática da temperatura máxima anual e no outono, predominan-

temente no início da década de 2000. Na temperatura mínima, as mudanças foram observadas, em sua maioria, no outono e na primavera, respectivamente, em 1979 e 1989, mas estatisticamente pouco significativas.

A maior tendência climática de aumento da temperatura mínima em relação à temperatura máxima do ar sugere uma diminuição na amplitude térmica no Paraná. As temperaturas mínimas estão sendo mais intensas, porém, menos frequentes, enquanto durante o período diurno, as temperaturas têm sido maiores e mais frequentes, principalmente na primavera.

REFERÊNCIAS

ALEXANDERSSON, H. A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, v.6, p.661-675, 1986.

ALEXANDERSSON, H.; MOBERG, A. Homogenization of Swedish temperature data. Part 1: homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, v.17, p.25-34, 1997.

BONSAL, B.R.; ZHANG, X.; VINCENT, L.A.; HOGG, W.D. Characteristics of daily extreme temperatures over Canada. *Journal of Climate*, v.14, p.1959-1976, 2001.

CHMIELEWSKI, F.M.; MULLER, A.; BRUNS, E. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crop in Germany, 1961-2000. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.121, p.69-78, 2004.

CHUNG, Y.S.; YOON, M.B. Interpretation of recent temperature and precipitation trends observed in Korea. *Theoretical and Applied Climatology*, v.67, p.171-180, 2000.

COLLINS, J.M.; CHAVES, R.R.; MARQUES, V.S. Temperature variability over South America. *Journal of Climate*, v.22, p.5854-5859, 2009.

EASTERLING, D.R.; EVANS, J.I.; GROISMAN, P.Y.; KARL, T.R.; KUNKEL, K.E.; AMBENJE, P. Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review. *Bulletin of American Meteorological Society*, v.81, p.417-425, 2000.

- EASTERLING, D.R.; HORTON, B.; JONES, P.D.; PETERSON, T.C.; KARL, T.R.; PARKER, D.E.; SALINGER, M.J.; RAZUVAYEV, V.; PLUMMER, N.; JAMASON, P.; FOLLAND, C.K. Maximum and minimum temperature trends for the Globe. *Science*, v.277, p.364-367, 1997.
- FENG, S. HU, Q. Changes in agro-meteorological indicator in the contiguous United States: 1951-2000. *Theoretical and Applied Climatology*, v.78, p.247-264, 2004.
- KALNAY, E.; CAI, M. Impact of urbanization and land-use change climate. *Nature*, v.423, p.528-531, 2003.
- KENDALL, M. A new measure of rank correlation. *Biometrika*, v.30, p.81-89, 1938.
- MOLION, L.C.B. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. *Climanálise*, 8, agosto de 2005. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/>
- VINCENT, L.A.; PETERSON, T.C.; BARROS, V.R.; MARINO, M.B.; RUSTICUCCI, M.; CARRASCO, G.; RAMIREZ, E.; ALVES, L.M.; AMBRIZZI, T.; BERLATO, M.A.; GRIMM, A.M.; MARENGO, J.A.; MOLION, L.C.; MONCUNILL, D.F.; REBELLO, E.; ANUNCIAÇÃO, Y.M.T.; QUINTANA, J.; SANTOS, J.L.; BAEZ, J.; CORONEL, G.; GARCIA, J.; TREBEJO, I.; BIDEGAIN, M.; HAYLOCK M.R.; KAROLY, D. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South American 1960-2000. *Journal of Climate*, v.18, p.5011-5023, 2005.
- WILKS, D.S. *Statistical methods in the atmospheric sciences*. 2.ed. San Diego: Academic Press, 2006. 629p.