



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

## **Estudo de tendências no regime hidrometeorológico em uma ilha no Oceano Atlântico Sul<sup>1</sup>**



*Matheus Fonseca Durães<sup>2</sup>; Eduardo Teixeira da Silva<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto A, Depto. de Solos e Eng. Agrícola, UFPR, Curitiba – PR, Fone: (41) 3350-5649, duraes@ufpr.br

<sup>3</sup>Eng. Agrícola, Prof. Assistente, Depto. Solos e Eng. Agrícola, UFPR, Curitiba – PR, eduardo@ufpr.br

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi analisar tendências nas séries históricas de precipitação e temperatura na ilha de Trindade, Oceano Atlântico sul. Foi utilizada uma série histórica de 1984 a 2008 para precipitação e de 1958 a 2008 para temperatura do ar. A análise de regressão e o teste de Mann-Kendall foram utilizados para testar a tendência da precipitação nas escalas anual e sazonal, janeiro, abril, julho e outubro, que representam os meses centrais do verão, outono, inverno e primavera, respectivamente, da precipitação máxima diária anual bem como para análise das séries de temperaturas máxima e mínima anual. Os resultados indicaram que para as séries de precipitação não houve tendência significativa de alteração, enquanto que para a série de temperatura mínima, ocorreu tendência significativa de decaimento. Nenhuma tendência significativa foi identificada para as séries de temperatura máxima do ar.

**PALAVRAS-CHAVE:** precipitação, temperatura do ar, Mann-Kendall

### **Study of trends in the hydrometeorological regime on na island in the south Atlantic ocean**

**ABSTRACT:** The aim of this study was to analyze trends in precipitation and temperature on Trindadeisland, South Atlantic Ocean. Time series from 1984 to 2008 for precipitation and from 1958 to 2008 for surface air temperature were analyzed. The regression analysis and Mann-Kendall test were used to test the trend in annual and seasonal scale of precipitation – January, April, July and October, which represents the middle months of summer, autumn, winter and spring, respectively, as well as for maximum and minimum surface air temperature. Results indicated that for precipitation time series there was no significant trend change, while for minimum surface air temperature there was a significant trend to decay. No significant trend was found for maximum surface air temperature.

**KEYWORDS:** precipitation, surface air temperature, Mann-Kendall

## **INTRODUÇÃO**

A avaliação e o entendimento de mudanças em séries temporais de variáveis climáticas são de grande importância científica para a compreensão dos impactos das atividades humanas no meio ambiente, uma vez que dentro do contexto ambiental, esses são projetados a partir da suposição de que a sequência de dados climáticos seja estatisticamente estacionária (Alexandre et al., 2010). Contudo, essa suposição de estacionariedade pode não ocorrer quando se aborda aspectos como alteração no uso e cobertura do solo, mudanças climáticas globais e fenômenos climáticos globais sazonais, tais como La-Niña e El-Niño.

Segundo Cunha et al. (2013), os impactos decorrentes das alterações no uso do solo, como alterações no clima regional e global por meio de processos biofísicos e biogeoquímicos, podem ser especialmente notados por causa das mudanças relacionadas às propriedades radiativas da superfície (albedo), as quais afetam o balanço de energia e as trocas de calor sensível e latente entre a superfície e a atmosfera. Alguns autores mostram que mesmo pequenas alterações no albedo da superfície podem

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

afetar significativamente as trocas de água e energia entre a superfície e a atmosfera. Tais alterações resultam em mudanças na temperatura do ar, na pressão de vapor, estabilidade atmosférica e a formação de nuvens e ocorrência de chuvas (Twine, 2004; Clark et al., 2001).

De acordo com os modelos climáticos globais apresentados no IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change), espera-se um aumento da temperatura global entre 1,4 e 5,8°C, representando um aquecimento acentuado em relação àquele já observado no século XX (Marcott et al., 2013). Neste contexto, o Brasil apresenta importante grau de vulnerabilidade a essas possíveis alterações no clima, sobretudo se for levado em consideração as projeções atuais de mudanças climáticas (Solomon et al., 2007).

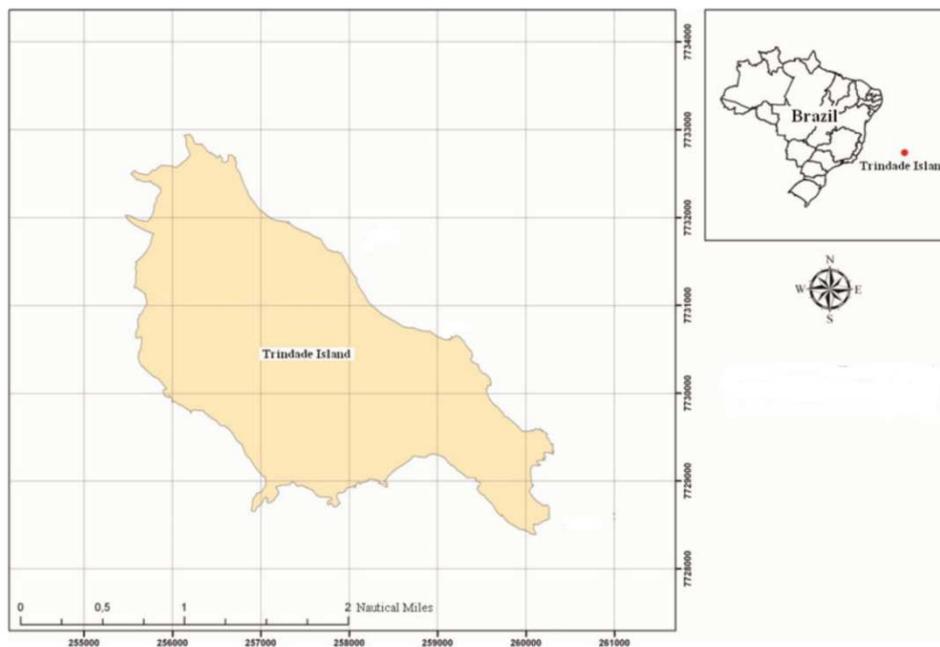
Observa-se que a aplicação de técnicas para estudar eventuais alterações nos padrões climáticos, em sua grande maioria, relativas às séries de precipitação e temperatura, notadamente, valores médios, máximos e mínimos, é de fundamental importância para a compreensão do clima ao longo do tempo. No que se refere a métodos estatísticos, Ávila et al. (2014) afirmam que o teste de Mann Kendall e a modelagem por regressão linear são os procedimentos mais utilizados.

Esse tipo de estudo tem sido amplamente empregado em áreas continentais e em ilhas oceânicas do Pacífico Sul, contudo, não foi encontrado estudos deste tipo em ilhas oceânicas do Atlântico Sul Tropical, revelando a necessidade e a importância de um programa de monitoramento neste ambiente e acompanhamento do comportamento climático, permitindo uma melhor compreensão de possíveis alterações no regime hidrometeorológico.

Diante disso, este trabalho tem por objetivo realizar a análise de tendências do comportamento do regime pluvial e da temperatura do ar na ilha oceânica de Trindade, localizada no Oceano Atlântico sul tropical.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A região de estudo contempla a Ilha da Trindade, localizada no oceano Atlântico sul tropical (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de localização da ilha da Trindade (adaptado de Carvalho e Rossi-Santos, 2011).

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

A ilha da Trindade situa-se no Atlântico-Sul, com uma área de 9,2 Km<sup>2</sup>, localizada aproximadamente na latitude da cidade de Vitória, Espírito Santo, distante 1.140 km da costa, nas coordenadas 20°29-32' S de 29°17-21' W. A parte emersa da ilha, em forma de um cimo erodido, repousa sobre o assoalho oceânico a quase 5.500 metros de profundidade (Castro e Antonello, 2006), sendo que os pontos mais altos acima da superfície do mar apresentam altitudes de aproximadamente 600 metros.

As séries de variáveis climáticas aplicadas ao estudo (precipitação e temperatura do ar) foram extraídas do banco de dados do posto oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT), código 83650, pertencente ao 1° Distrito Naval (1° DN) e fornecidos pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, localizada na latitude sul de 20°31'29" e na longitude oeste de 29°19'29", compreendendo o período de 1954 a 2008, instalada a 12 metros do nível do mar.

A avaliação da tendência na variação da temperatura máxima e mínima e da precipitação total anual, sazonal, máxima diária anual, nas séries históricas, foi feita pelo teste não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) e pela análise de regressão linear. Para escala sazonal, utilizaram-se os dados dos meses de janeiro, abril, julho e setembro, os quais representam os meses centrais das estações de verão, outono, inverno e primavera, respectivamente, para estudar a tendência na série de temperatura, conforme apresentado por Ávila et al. (2014) em estudo sobre a temperatura do ar em Minas Gerais, bem como para os dados de precipitação nesta escala. Na escala anual, utilizaram-se os valores extremos de temperatura e total anual para precipitação.

A estatística do teste MK, conforme apresentada por Silva et al. (2010), é calculada por:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sinal}(x_i - x_j) \quad (1)$$

Em que  $x_j$  são os dados estimados da sequência dos valores,  $n$  o comprimento da série temporal e o sinal ( $x_i - x_j$ ) é igual a -1 para  $(x_i - x_j) < 0$ ; 0 para  $(x_i - x_j) = 0$  e 1 para  $(x_i - x_j) > 0$ .

Kendall (1975) demonstrou que  $S$  é normalmente distribuída com média  $E(S)$  nula e variância  $\text{Var}(S)$ . Para uma situação na qual pode haver valores iguais de  $x$ ,  $E(S)$  e  $\text{Var}(S)$  são calculadas pelas equações:

$$E[S] = 0 \quad (2)$$

$$\text{Var}[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (3)$$

Em que  $t_p$  é o número de dados com valores iguais num certo grupo ( $p$ th) e  $q$  é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados num certo grupo  $p$ . O segundo termo representa um ajuste para dados censurados.

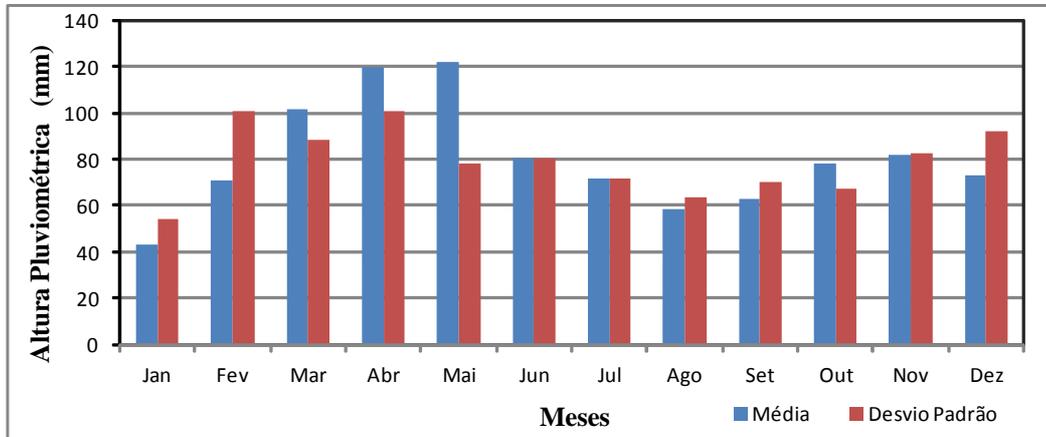
O teste estatístico parametrizado ( $Z_{MK}$ ) é realizado a partir da equação 4.

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

De forma complementar, foi conduzida a análise de regressão linear, verificando o coeficiente angular da reta ajustada aos dados das séries que apresentaram tendência pelo teste de MK. Além disto, a análise de regressão permite estimar as taxas de acréscimo ou decréscimo das temperaturas mínimas e máximas nas tendências decenais, conforme proposto por Back et al. (2012). Para este teste, adotou-se o nível de significância de 5%, tendo-se aplicado o teste  $t$  de Student (Wilks, 1995) para a comparação com o valor crítico, considerando  $n-2$  graus de liberdade.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Figura 2 permite analisar o comportamento pluviométrico do local estudado em termos de valores mensais de média e desvio padrão da altura pluviométrica.

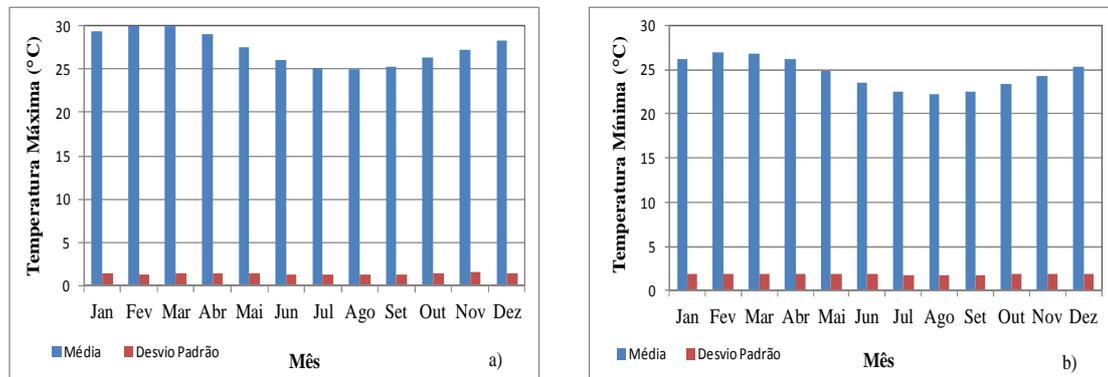


**Figura 2.** Média e desvio padrão da altura pluviométrica mensal para a série histórica de 1984 a 2008.

A partir da análise da série histórica anual de precipitação, foi constatado um valor máximo de 2.578 mm, ocorrido no ano de 2008 e um valor mínimo de 479,1 mm no ano de 2006, enquanto a média foi de 963,5 mm. De acordo com os resultados apresentados na Figura 2 e considerando à série sazonal, as estações mais chuvosas, em termos de valores médios e em ordem decrescente foram, o outono, primavera, inverno e verão. Não foi observado o predomínio de uma estação mais chuvosa. Este fato pode ser relacionado, de acordo com Reboita et al. (2010), ao clima oceânico, o qual é propício para a formação de nuvens de chuvas, diferentemente do que ocorre no continente, o qual sobre influência de zonas de alta pressão atmosférica bem como de bloqueios atmosféricos, especialmente no inverno, na faixa tropical de latitudes.

Nota-se também, pela análise da Figura 2, um elevado desvio padrão, o que representa uma elevada dispersão dos dados em torno da média para todos os meses do ano. Esse comportamento pode ser explicado pelas características climáticas associadas à maior disponibilidade de vapor d'água para formação de nuvens de chuva sob ambiente oceânico, a qual se difere dos processos continentais.

Considerando a série histórica da média mensal das temperaturas máximas e mínimas, no período de 1958 a 2008, observa-se que os meses com as maiores médias de temperatura máxima são os de janeiro a abril, enquanto para as temperaturas mínimas, os meses de julho a outubro apresentam os menores valores (Figura 3). Contudo, não são observadas diferenças entre os meses de inverno e verão. Os valores médios de temperatura máxima e mínima foram de 27,5°C e 24,6°C, respectivamente. Considerando os valores de desvio padrão das séries mensais de temperatura máxima e mínima, apresentados na Figura 3, constatou-se pouca variação em termos médios nas duas séries históricas.



**Figura 3.** Estatísticas descritivas básicas de média e dispersão referentes às variáveis temperatura máxima (a) e mínima (b).

Após a observação dessas séries históricas, fez-se a análise estatística para detecção de possíveis tendências nessas séries, através do teste de Mann-Kendall e não foi detectada presença de tendência (Tabela 1). Como a hipótese nula foi aceita, o teste de regressão linear não foi realizado.

**Tabela 1.** Resultados dos testes estatísticos para as séries de precipitação.

Precipitação	S	Z <sub>MK</sub>	t-Student
Total Anual	-36	-0,817	0,45
Máxima Diária Anual	-6	-0,117	0,523
Janeiro (Verão)	-22	-0,49	1,06
Abril (Outono)	-4	-0,07	0,274
Julho (Inverno)	-46	-1,051	0,194
Setembro (Primavera)	-48	-1,098	-0,279

Alexandre et al. (2010) realizaram um estudo sobre tendências no regime pluvial da região metropolitana de Belo Horizonte e de acordo com resultados encontrados, houve uma possível tendência de aumento da precipitação no período mais seco (abril a setembro), em contraposição a uma tendência de diminuição de chuvas no período mais chuvoso (outubro-março). Esses autores chamam atenção para estudos dessa natureza, para os quais deve-se ter cuidado ao se apontar como causa das catástrofes naturais observadas atualmente as alterações climáticas, tendo em vista a complexidade em dissociar essas alterações das variações naturais do clima.

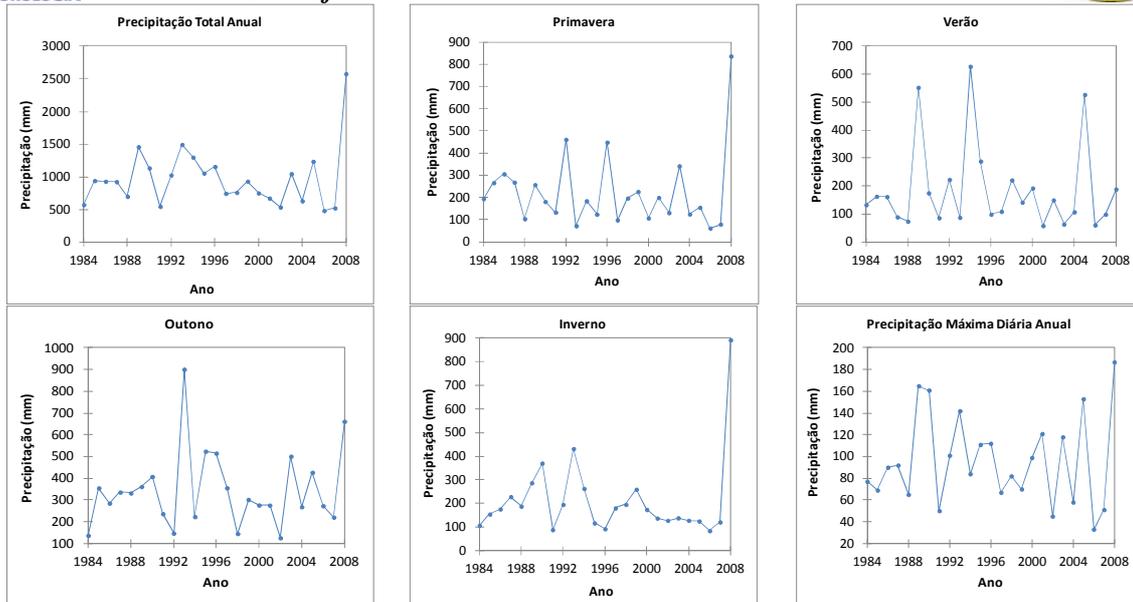
Em termos de precipitação máxima diária anual, relevante para estudos do comportamento de eventos extremos, observou-se um valor máximo de 187 mm, com média de 96 mm para o período analisado. Da mesma forma, não foi detectada presença de tendência na série histórica.

Blain et al. (2009) estudaram a variabilidade amostral das séries mensais de precipitação pluvial em duas regiões do Brasil (Pelotas – RS e Campinas – SP). Os autores não encontraram indicações de qualquer tipo de tendência (diminuição ou aumento) no regime de precipitação por meio da aplicação do teste da razão de verossimilhança.

Analisando a tendência das precipitações mensais e anual na bacia hidrográfica do rio Brígida, em Pernambuco, Fchine e Galvíncio (2009) concluíram que as séries analisadas não apresentaram tendências nas precipitações, reforçando que essas séries possuem alta consistência climatológica.

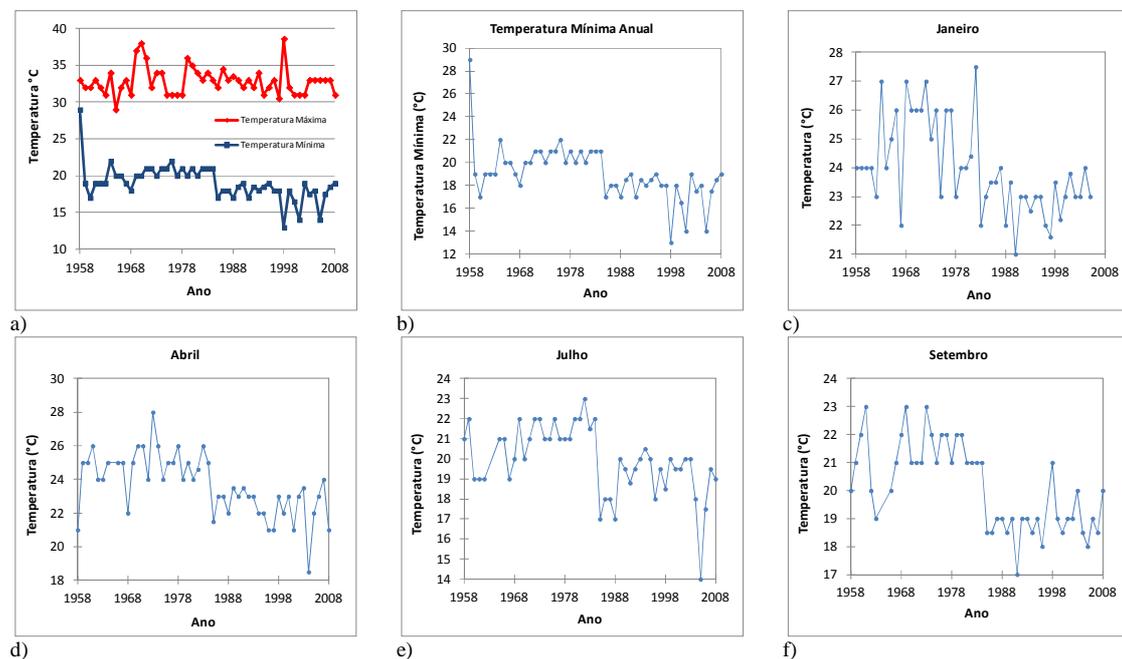
A distribuição temporal da precipitação, nas escalas anual e sazonal, bem como dos valores máximos anuais, podem ser visualizados na Figura 4.

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***



**Figura 4.** Distribuição temporal da precipitação na ilha de Trindade, Oceano Atlântico sul tropical.

Para as séries de temperatura do ar máxima e mínima, foram realizadas análises nas escalas anual e sazonal (Figura 5), com os resultados das estatísticas para as séries selecionadas apresentadas na Tabela 2, para as séries com presença de tendência.



**Figura 5.** Comportamento da temperatura máxima e mínima anual (a); mínima anual (b); e mínima para os meses centrais das estações do ano (c, d, e, f).

**Tabela 2.** Resultados dos testes estatísticos para temperaturas mínimas.

Temperatura	S	Z <sub>MK</sub>	t-Student
Média Anual	-454	-3,68	4,73
Janeiro (Verão)	-397	-3,52	3,08
Abril (Outono)	-536	-4,47	4,25
Julho (Inverno)	-340	-2,92	3,58
Setembro (Primavera)	-479	-4,25	4,15

Foi possível observar, a partir dos resultados apresentados na Figura 5, que houve tendência nas séries, tanto na escala anual, quanto na escala sazonal, simultaneamente pelo teste de Mann-Kendall e pela análise de regressão. Para o mês de janeiro (verão), ficou evidenciada tendência significativa de diminuição na temperatura mínima, com uma taxa de  $-0,53^{\circ}\text{C}$  por década. Os meses de abril (outono), julho (inverno) e setembro (primavera) também apresentaram tendência de diminuição na temperatura mínima, com uma taxa de  $-0,71^{\circ}\text{C}$ ,  $-0,54^{\circ}\text{C}$  e  $-0,66^{\circ}\text{C}$  por década, respectivamente, para os meses de abril, julho e setembro. Por outro lado, não houve tendência para as temperaturas máximas, por ambos os testes. Para a série anual, observou-se uma tendência na diminuição das temperaturas mínimas, a uma taxa de  $-0,88^{\circ}\text{C}$  por década, sendo que para as temperaturas máximas, não foi encontrada tendência.

Esses resultados de tendência de diminuição da temperatura mínima para a ilha de Trindade se opõem aos encontrados para outras regiões do mundo, onde há um predomínio do aumento das temperaturas máximas e mínimas. O estudo de Jones e Moberg (2003) permitiu concluir que a temperatura média do ar aumentou  $0,7^{\circ}\text{C}$  no século XX e o de Jones et al. (2001) mostrou que o aquecimento ocorreu em dois períodos, sendo o primeiro de 1910 a 1945 e, o outro, no fim da década de 1970 até o fim do século XX.

De acordo com Molion (2005), parte do aquecimento observado nas últimas décadas, pode ser atribuído à mudanças das anomalias de negativas para positivas do oceano Pacífico em meados da década de 1970, sugerindo a influência de fenômenos de escala planetária. Contudo, Collins et al. (2009) afirmam que a mudança verificada sobre o continente sul americano não é predominantemente uma resposta às variações do ENOS (El Niño Oscilação Sul), mas sim em função de outro tipo de variabilidade climática, bem como de atividades humanas.

Porém, o que se observou para a ilha de Trindade foi uma tendência da diminuição da temperatura mínima, o que pode ser em função das brisas marítimas que atuam na ilha, contudo, não explica o fato da mudança do padrão de temperaturas ocorrida a partir de 1985, uma vez que o desmatamento data desde o final do século XVIII (Serafini et al., 2010).

Considerando ambiente oceânico, no qual a ilha da Trindade está inserida, Safeeq et al. (2013) analisaram o padrão espacial e temporal da chuva na ilha de Oahu, no Havaí e observaram um significativo aquecimento tanto na escala anual quanto sazonal. Neste estudo, os autores constataram um aumento de  $0,17^{\circ}\text{C}$  por década nas temperaturas mínimas, considerando o período de 1969 a 2007, enquanto para as séries de temperatura máxima, não houve detecção de variação no padrão da série.

Segundo Minuzzi et al. (2011), na escala regional, estas mudanças são muito divergentes e nem sempre acompanham a tendência global, principalmente a temperatura, o que para a ilha da Trindade, pode explicar tal comportamento de diminuição da temperatura mínima. Neste sentido, os resultados deste estudo demonstram a importância de se analisar o comportamento do clima sob diferentes condições, especialmente, ilhas oceânicas as quais estão em diferentes condições das observadas para o continente, uma vez que, neste último, há um aspecto altamente relevante que é o de aumento de áreas urbanizadas e seus efeitos sobre o clima local. Esta situação não ocorre em ambientes como ilhas



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

oceânicas a centenas de quilômetros da costa, demonstrando que este trabalho traz contribuições inéditas no entendimento das condições climáticas globais.

## CONCLUSÕES

Os resultados encontrados para as séries históricas de temperatura na ilha de Trindade mostraram que há uma tendência de diminuição nas temperaturas mínimas;

Em termos de precipitação, não foi observado tendência no padrão de chuva, tanto na escala anual quanto sazonal;

A ausência de vegetação do tipo floresta não evidenciou alteração nos padrões climáticos da ilha, tampouco no processo de formação de chuvas.

## AGRADECIMENTOS

Ao 1º Distrito Naval (DN) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil por ter disponibilizados os dados do Posto Oceanográfico Ilha de Trindade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, G. R.; BAPTISTA, M. B.; NAGHETTINI, M. Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de Belo Horizonte a partir de métodos estatísticos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 115-126, 2010.

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; YANAGI, S. N. M.; SACRAMENTO NETO, O. B. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 3, p. 247-256, 2014.

BACK, A. J.; BRUNA, E. D.; VIEIRA, H. J. Tendências climáticas e produção de uva na região dos Vales da Uva Goethe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 497-504, 2012.

BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T.; CAMARGO, B. P.; LULU, J. Variabilidade amostral das séries mensais de precipitação pluvial em duas regiões do Brasil: Pelotas-RS e Campinas-SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 1-11, 2009.

CARVALHO, M. S.; ROSSI-SANTOS, M. R. Sightings of the bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Trindade Island, Brazil, South Atlantic Ocean. **Marine Biodiversity Records**, v. 4, p. 1-3, 2011.

CASTRO, J. W. A.; ANTONELLO, L. L. Geologia das ilhas oceânicas brasileiras. In: **Ilhas oceânicas brasileiras – da pesquisa ao manejo**. Brasília: MMA: SBF, 2006. P. 29-57.

CLARK, D. B.; XUE, Y.; HARDING, R. J.; VALDES, P. J. Modeling the impact of land surface degradation on the climate of tropical north Africa. **Journal of Climate**, v. 14, p. 1809-1822, 2001.

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



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; OLIVEIRA, G. S. Impactos das mudanças de cobertura vegetal nos processos de superfície na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 139-152, 2013.

FECHINE, J. A. L.; GALVÍNCIO, J. D. Tendência das precipitações na bacia hidrográfica do rio Brígida – Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, n. 2, p. 1-10, 2009.

JONES, P.D.; MOBERG, A. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: an extensive revision and an update to 2001. **Journal of Climate**, v.16, p. 206–223, 2003.

JONES, P.D; OSBORN, T. J.; BRIFFA; K. R. The evolution of climate over the last millennium. **Science**, v. 292, p. 662–667, 2001.

KENDALL, M. G. **Rank correlation methods**. London: Charles Griffin, 1975. 201p.

MANN, H. B. Nonparametric test against trend. **Econometrika**, v. 13, p. 245-259, 1945.

MARCOTT, S. A.; SHAKUN, J. D.; CLARK, P. U.; MIX, A. C. A reconstruction of regional and global temperature for the past 11,300 years. **Science**, v. 339, p. 1198-1201, 2013.

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H.; BORROZINO, E. Tendências na variabilidade climática sazonal e anual das temperaturas máxima e mínima do ar no Estado do Paraná. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 471-479, 2011.

MOLION, L.C.B. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Climanálise**, 22, maio de 2014. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/>

SAFEEQ, M.; MAIR, A.; FARES, A. Temporal and spatial trends in air temperature on the Island of Oahu, Hawaii. **International Journal of Climatology**, v. 33, p. 2816-2835, 2013.

SILVA, R. A.; SILVA, V. P. R.; CAVALCANTI, E. P.; SANTOS, D. N. Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 501-509, 2010.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (Ed.) **Climate change 2007: the physical science basis: contributing of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** Cambridge: Cambridge University, 2007. 996p.

TWINE, T. E. Effects of land cover change on the energy and water balance of the Mississippi river basin. **Journal of Hydrometeorology**, v. 5, p. 640-655, 2004.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. San Diego: Academic Press, 1995. 467p.