



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

Tendência histórica e variabilidade do brilho do solar diário e horário em Santa Maria, RS, no período 1968 – 2010



*Gizelli Moiano de Paula*¹; Josana Andreia Langner; Nereu Augusto Streck³

¹ Dr^a em Engenharia Agrícola, Professora Adjunto II, Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais - UFSM, gizellidepaula@gmail.com

² Aluna de Pós graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maira, Fone: (55)3744-8964, langnerja@gmail.com

³ Dr^o em Agronomia, Professor Associado, Departamento de Fitotecnia - UFSM, nstreck1@smail.ufsm

RESUMO: O objetivo neste trabalho foi verificar se há tendência na série histórica de brilho solar diário e em diferentes períodos do dia em Santa Maria, RS, e associar a variabilidade interanual da série com o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Os dados de brilho solar horários foram medidos na Estação Climatológica Principal do Instituto Nacional de Meteorologia (8º DISME) no período de 1968 a 2010, e analisados em nível mensal e sazonal para período diário e mais seis períodos do dia (manhã, tarde, até 9h, 9h às 12h, 12h às 15h e após 15hs). Foram usados os testes de seqüência e de Mann-Kendall e Pettitt para análise de homogeneidade e tendência, respectivamente, e o método da função densidade espectral de potências para detectar ciclos anuais relacionados ao fenômeno ENOS. A maioria das séries de brilho solar diário e horário não tem tendência e as séries que apresentam tendência são de decréscimo e concentram-se nos meses de outubro e novembro, que são meses da primavera. Nos anos de La Niña o brilho solar é maior nos meses de abril, maio, outubro, novembro e dezembro e em anos de El Niño o brilho solar é maior em janeiro e fevereiro.

PALAVRAS-CHAVE: Mann-Kendall, Pettitt, ENOS, insolação.

Historical trends and variability of daily and hourly sunshine in Santa Maria, RS, for the 1968 – 2010 period.

ABSTRACT: The objective of this study was to verify if there is a trend in the historical series of daily sunshine duration at Santa Maria, RS, Brazil in different periods of the day and associate the interannual variability of the series with the El Niño Southern Oscillation (ENSO). Sunshine data were measured at the Climatological Station in Santa Maria, RS, from 1968 to 2010. Hourly sunshine values were grouped into daily and six diurnal periods (morning, afternoon, until 900, from 0900 to 1200, from 1200 to 1500, and after 1500). The Run test, and the Mann-Kendall and Pettitt testes were used to test homogeneity and trends in the series, respectively, and the power spectral density was used for detecting annual cycles related to ENSO. The majority of the sunshine duration series did not have a trend and the few series that presented trend had a decreasing trend in October and November. During La Nina years, sunshine duration is greater in April, May, October, November and December, and during El Nino years sunshine duration is greater in January and February.

KEY WORDS: Mann-Kendall, Pettitt, ENSO, insolation.

INTRODUÇÃO

O brilho solar, também referido como insolação, é um elemento meteorológico importante para a agricultura, pois para algumas culturas agrícolas esse elemento tem forte correlação com a

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

produtividade, como é o caso do arroz (Carmona et al., 2002). Além disso, é um dado de entrada em modelos de simulação de desenvolvimento vegetal e previsão de produtividade das culturas (Berlato & Fontana, 2003) e modelos de simulação de radiação solar global incidente em locais onde essa variável não pode ser medida (Estefanel et al., 1990).

Há um crescente interesse na análise de tendências de séries históricas de variáveis meteorológicas em função do possível aquecimento global e mudança climática associada (IPCC, 2007). Para fins agrícolas, é mais apropriado analisar o brilho solar do que a nebulosidade, já que a disponibilidade de radiação solar tem relação direta com o brilho solar (Estefanel et al., 1990). Ainda, para fins agrícolas, a disponibilidade de brilho solar em nível diário e horário é de maior interesse do que em nível mensal, sazonal e anual, pois as plantas respondem a variações de disponibilidade de radiação solar ao longo de um dia. Para analisar a tendência histórica de séries de variáveis meteorológicas é necessário que a qualidade da série seja testada quanto a sua homogeneidade (Back, 2001), pois alguns fatores como mudança do local da estação, mudança de observadores, crescimento de vegetação e aumento da área urbana ao redor da Estação Meteorológica podem afetar a homogeneidade das séries históricas.

Além da tendência, em séries temporais longas de elementos climáticos é importante também determinar a existência ou não de padrões ou ciclos de variabilidade de diferentes frequências temporais (Kayano & Sansigolo, 2009). Uma destas variabilidades é a interanual (frequência de três a sete anos), que no sul do Brasil frequentemente é associada com o El Niño Oscilação Sul (ENOS) (Grimm et al., 1998; Grimm et al., 2000). O ENOS causa variabilidade interanual de alguns elementos meteorológicos em diferentes locais incluindo o Rio Grande do Sul, como precipitação pluvial, temperatura mínima e máxima do ar, brilho solar, evaporação do tanque Classe A e umidade relativa do ar (Grimm et al., 1998; Grimm et al., 2000; Berlato & Fontana, 2003; Streck et al., 2008). No entanto, para o elemento meteorológico brilho solar em nível diário e horário, a caracterização da variabilidade interanual ainda não foi realizada.

O objetivo neste trabalho foi verificar se há tendência na série histórica de brilho solar diária e em diferentes períodos do dia em Santa Maria, RS e associar a variabilidade interanual da série com o fenômeno El Niño Oscilação Sul.

MATERIAIS E MÉTODOS

O local de estudo foi Santa Maria, RS (latitude: 29°43'S, longitude: 53°42'W e altitude: 95m), localizada na região fisiográfica da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa - subtropical úmido sem estação seca definida com verões quentes (Heldwein et al., 2009). O elemento meteorológico analisado neste estudo foi o brilho solar, medido na Estação Climatológica Principal do Instituto Nacional de Meteorologia (8° DISME), localizada no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, através de um heliógrafo tipo Campbell-Stokes. O período de análise da série histórica foi de julho de 1968 até dezembro de 2010.

Os dados de brilho solar horários foram digitalizados e calculados os totais diários. Os totais diários foram divididos em dois períodos, manhã (início do registro de brilho solar até as 12 horas) e tarde (das 12 horas até o final de registro de brilho solar). Posteriormente, cada metade do total diário foi dividido ainda em dois períodos menores, do início do registro de brilho solar até as 9 horas (manhã 1), das 9 às 12 horas (manhã 2), das 12 às 15 horas (tarde 1) e das 15 horas até o final do registro de brilho solar (tarde 2), totalizando quatro períodos. A análise da série temporal do primeiro quarto do dia (manhã 1) é de particular interesse, pois poderá indicar alterações no brilho solar associados a nevoeiros e/ou sombreamento devido a obstáculos no lado Leste da Estação climatológica enquanto que os dois períodos da tarde (tarde 1 e tarde 2) são períodos em que alterações do brilho solar estão associados a

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

nebulosidade de origem termo-convectiva, principalmente na primavera e verão, e sombreamento devido a obstáculos no lado Oeste da Estação.

Para testar a homogeneidade da série de brilho solar foi usado o teste de Seqüência (Back, 2001). A tendência temporal da série foi avaliada pelo teste não paramétrico de Mann-Kendall a 5% de probabilidade de erro tipo I (Back, 2001). Usou-se também o teste de Pettitt onde a estatística K determina o ponto de mudança brusca (ano) na série histórica (Back, 2001). Para detectar ciclos anuais relacionados ao fenômeno ENOS usou-se o método da função densidade espectral de potências calculada com o Teorema de Wiener, com defasagem (lags) de 15 anos (Souza et al., 2009). Os anos de ocorrência e duração do ENOS foram retirados de NOAA (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise temporal da série de brilho solar diário, o teste de Seqüência indicou autocorrelação apenas na série do mês de dezembro, onde foi aplicado o teste de Mann-Kendall Modificado. O teste de Mann-Kendall indicou tendências significativas e decrescentes (negativas) apenas para o mês de outubro e o teste de Pettitt também indicou tendência significativa no mês de outubro com mudança brusca no ano de 1989 (Tabela 1). No período da manhã, o brilho solar é uma série homogênea pelo teste de Seqüência em todos os meses, porém o teste de Mann-Kendall indicou uma tendência de decréscimo no brilho solar para o mês de junho e outubro na série de brilho solar e o teste de Pettitt confirma uma mudança brusca na série, no ano de 1996 para o mês de junho e em 1989 para o mês de outubro nesse período do dia (Tabela 1). Para o período da tarde, pelo teste de Seqüência houve autocorrelação nas séries de brilho solar nos meses de março e abril e o teste de Mann-Kendall indicou tendência significativa decrescente na série de brilho solar no mês de outubro (Tabela 1).

No Rio Grande do Sul no período de 1960 a 2005, Custódio et al. (2009) encontraram tendência significativa decrescente no índice de nebulosidade diurna para série anual e sazonal (outono e verão). No presente estudo para a região de Santa Maria, outubro foi o mês em que mais houve tendências significativas de decréscimo na série de brilho solar de 1968 a 2010 no período diário e nos períodos manhã, tarde, manhã 2 (9 às 12h) e tarde 1 (12 às 15h). O decréscimo da série de brilho solar no período entre 9 e 15h para o mês de outubro pode ser atribuído ao aumento da média das temperaturas mínimas e máximas (Sansigolo & Kayano, 2010) fazendo com que aumente a instabilidade atmosférica nas horas mais quentes do dia. O teste de Mann-Kendall para a maioria dos meses não foi significativo indicando que não há tendências nas séries de brilho solar diário e nos diferentes horários desses meses (Tabela 1). Assim, nevoeiros e obstáculos nos lados Leste e Oeste da Estação Climatológica de Santa Maria não são fatores que influenciaram nas séries de brilho solar. Os resultados deste estudo indicam que a estação Climatológica de Santa Maria não sofreu alterações nas condições do entorno nas últimas quatro décadas.

Para o período diário e os demais períodos, nos meses de abril, maio, outubro, novembro e dezembro o brilho solar é maior nos anos de La Niña. Maior brilho solar nestes meses do ano durante a La Niña é devido ao menor número de dias com precipitação no Rio Grande do Sul, durante a fase fria do ENOS, especialmente nos meses de primavera e outono (Grimm et al., 2000). Durante o El Niño o sinal é menos definido, sendo ora com brilho solar mais baixo, como em novembro, ora com brilho solar mais elevado, como em janeiro e fevereiro. Como em anos de El Niño geralmente o número de dias com chuva e a precipitação são acima do normal durante a primavera e o outono (Grimm et al., 2000).

Tabela 1. Estatística Z do teste Run, estatística (τ) do teste Mann-Kendall (MK), e estatística K do teste de Pettitt na série de brilho solar médio mensal para diferentes períodos do dia em Santa Maria, RS, no período de 1968 a 2010.

Meses	Testes	Períodos						
		Diário	Manhã	Tarde	Manhã 1	Manhã 2	Tarde 1	Tarde 2
Janeiro	Run	0,001	0,156	0,000	0,218	-0,156	0,646	0,000
	MK	-0,01	-0,08	-0,005	-0,15	-0,01	0,01	0,02
	Pettitt	69	118	75	157	87	87	65
Fevereiro	Run	-0,781	0,156	-0,156	-0,413	-0,728	-1,213	0,000
	MK	-0,05	-0,13	-0,03	-0,14	-0,10	-0,06	0,01
	Pettitt	115	174	88	164	153	121	93
Março	Run	0,849	0,533	2,051*	0,294	1,094	0,561	0,849
	MK	-0,01	-0,17	-0,17	0,02	0,01	0,03	-0,04
	Pettitt	87	96	130	69	119	76	90
Abril	Run	-0,434	0,000	2,031*	0,085	-0,342	-2,031*	-2,021*
	MK	-0,12	-0,14	-0,10	-0,16	-0,14	-0,12	-0,04
	Pettitt	196	156	228	146	150	196	270
Maio	Run	-0,001	-0,469	0,734	0,201	0,085	-0,142	0,085
	MK	-0,13	-0,09	-0,12	-0,14	-0,06	-0,04	-0,11*
	Pettitt	140	108	150	116	108	118	198
Junho	Run	-1,044	-1,394	0,085	0,073	-1,406	0,615	0,000
	MK	-0,19	-0,23*	-0,13	-0,26*	-0,23*	-0,08	-0,26
	Pettitt	190	198*	121	212*	175	108	165
Julho	Run	-1,541	-1,519	-1,519	-0,848	1,406	-1,541	-2,040*
	MK	-0,07	-0,03	-0,11	0,01	-0,04	-0,13	-0,16
	Pettitt	118	100	160	104	106	160	144
Agosto	Run	0,001	0,000	0,343	-1,088	0,352	0,000	0,000
	MK	0,54	0,03	-0,07	0,03	0,05	0,14	-0,07
	Pettitt	168	158	168	166	192	214	128
Setembro	Run	1,343	0,000	1,548	-1,338	0,963	1,969*	0,312
	MK	0,15	-0,08	-0,17	0,01	-0,12	-0,20	-0,03
	Pettitt	180	154	187	121	156	182	183
Outubro	Run	-0,898	-1,541	-0,222	-0,923	-2,675*	-0,137	-0,848
	MK	-0,27*	-0,25*	-0,22*	-0,17	-0,33*	-0,25*	-0,18
	Pettitt	212*	242*	192	176	282*	218*	159
Novembro	Run	0,004	0,653	0,717	-0,588	0,717	-0,527	-0,848
	MK	-0,14	-0,21	-0,11	-0,28*	-0,10	-0,17	-0,03
	Pettitt	166	162	160	194	120	137	176
Dezembro	Run	-2,10*	-0,665	-0,848	0,000	-1,723	1,232	0,000
	MK	-0,17	-0,12	-0,11	-0,12	-0,07	-0,13	-0,07
	Pettitt	172	112	164	106	114	193	175

¹Manhã: início do registro de brilho solar as 12 h, Tarde: das 12 h ao fim do registro, Manhã 1: início do registro de brilho solar as 9 h, Manhã 2: das 9 às 12 h, Tarde 1: das 12 h às 15 h e Tarde 2: das 15 h ao fim de registro do brilho solar. *Significativos a 5% de probabilidade de erro.

CONCLUSÕES

A maioria das séries de brilho solar diário e horário não tem tendência. As séries que apresentam tendência são de decréscimo e concentram-se nos meses de outubro e novembro.

Existe variabilidade interanual na série de brilho solar diário e nos diferentes períodos do dia. Nos anos de La Niña o brilho solar é maior nos meses de abril, maio, outubro, novembro e dezembro e em anos de El Niño o brilho solar é maior em janeiro e fevereiro.



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



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, A.J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.717-726, 2001.

BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; Aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110 p.

CARMONA, L.C.; BERLATO, M.A.; BERGONCI, J.I. Relação entre elementos meteorológicos e rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.289-294, 2002.

ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F.M.; BERLATO, M.A.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A. B. Insolação e radiação solar na região de Santa Maria, RS: I-Estimativa da radiação solar global incidente a partir dos dados de insolação. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v.20, p.203-218, 1990.

GRIMM, A.M.; BARROS, V.R.; DOYLE, M.E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.13, p.35-58, 2000.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria, RS. **Ciência e Ambiente**, v. 38, p. 43-58, 2009.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate change 2007: The physical Science Basis – Contribution of Working Group I to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. United Kingdom and New York: Cambridge University, 2007. 989p.

KAYANO, M.T.; SANSIGOLO, C. Interannual to decadal variations of precipitation and daily maximum and daily minimum temperatures in southern Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.97, p.81-90, 2009.

NOAA. **ENSO: Cold and warm episodes by season**. Washington: National Oceanic and Atmospheric Administration, 2009. Acesso em 20 de junho de 2015. Diponível: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/insostuff/ensoyears.shtml.

SANSIGOLO, C.; KAYANO, M. T. Trends of seasonal maximum and minimum temperatures and precipitation in Southern Brazil for the 1913-2006 period. **Theoretical and Applied Climatology**, v.101, p.209-216, 2010.

SOUZA, M.A.; GEORGEN, R.; FERRAZ, S.E.T. Previsão de precipitação e temperatura em Santa Maria por meio de um modelo estatístico. **Ciência e Natura**, v.31, p.49-64, 2009.

STRECK, N.A.; ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; BOSCO, L.C.; LAGO, I.; HELDWEIN, A.B. O fenômeno El Niño oscilação sul e a variabilidade interanual da evaporação do tanque classe A e da umidade relativa do ar em Santa Maria, RS. **Revista Ciência Rural**, v.38, p.1452-1455, 2008.