



Influência da atividade solar e raios cósmicos no índice pluviométrico no Estado do Rio Grande do Norte

Hadassa Raquel Peixoto Jácome (UFRN)* e Gilvan Luiz Borba (UFRN)

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August, 2017.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Studies about the influence of solar activity, cosmic rays, and Earth's climate have been strongly developed since last century in order to better understand the solar influence in our planet. Some of those studies try to find a link between sun motion and climate in short term (Haigh, 2003) even though it has been already concluded that this correlation is clearly noticed only within solar variability in periods longer than the short solar cycle (11 years) (Eddie, 1977, Haigh, 2003). The radiocarbon data makes it possible to study of the sun-climate relation throughout the history (Svensmark, 2000, Eddie, 1977), but the necessity for long term data makes it difficult to understand the current climate changes. Therefore, this work aims to find a bond that links the solar cycle, the cosmic rays and the cloud cover - instead of climate directly - based on the theory that cosmic rays produce ionization in the atmosphere, affecting the cloud cover mean (Marsh & Svensmark, 2000). Thus, sunspot mean, flux of cosmic ray and rainfall index annual data regarding to the solar cycle 21 (1977 - 1986) were analyzed in four different cities. The cities are located in the State of Rio Grande do Norte, Northeast of Brazil, and show a rainfall index pattern with slight discordances. Although the analysis show and agreement between the data and the theory, it was concluded that relation sun - cloud formation is complex. Hence, more studies are needed in order to understand this relation.

Introdução

A partir da segunda metade do século XX, muitos estudos foram realizados tentando provar a possível relação entre a atividade solar e a variação climática na Terra. São exemplos desses estudos as análises de radiocarbono em fósseis, baseadas no fato de que a produção de ¹⁴C é inversamente proporcional à intensidade da atividade solar (Svensmark, 2000). Tais análises mostraram que, nos últimos sete mil anos, longos períodos de mínimo solar pareceram se associar diretamente a períodos de baixas temperaturas e glaciação em médias latitudes, enquanto longos períodos de máximo solar pareceram se associar com climas mais quentes (Figura 01) (Eddy, 1977). Entretanto, tais estudos foram fortemente atacados pela comunidade científica, principalmente pelo fato de ainda não se conhecerem mecanismos que justificassem essa relação (Friis-Christensen & Lassen, 1991).

O físico Henrik Svensmark, ainda naquele século, propôs como tal mecanismo o fluxo de raios cósmicos na atmosfera terrestre. Para Svensmark e Friis-Christensen (1997), a relação sol-clima está fortemente baseada na cobertura de núvens no nosso planeta. Em sua pesquisa, eles concluíram que há uma relação direta entre a quantidade de núvens e a intensidade de raios cósmicos que chegam à nossa atmosfera, corroborando assim com o proposto por Ney (1959), de que raios cósmicos poderiam interferir no clima.

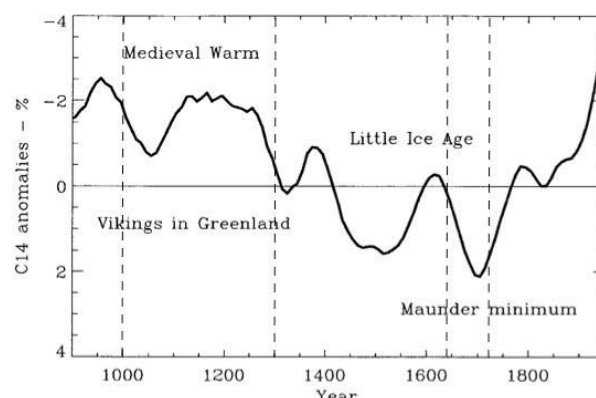


Figura 01 – Associação entre a atividade solar (representada pelas anomalias de ¹⁴C) e os longos períodos de variação climática extrema, Medieval Warm (1000 – 1300) e Mounder Minimum (1645 – 1715). Adaptada de Svensmark (2000).

De acordo com Marsh e Svensmark (2000), o fluxo de raios cósmicos que chegam à atmosfera terrestre é a principal fonte de ionização atmosférica em altitudes correspondentes à região de formação de núvens (entre 0 e 35 km). Esse fluxo é modulado pela atividade solar. Durante a atividade máxima, o campo magnético solar serve como um escudo “varrendo” os raios cósmicos para longe do planeta. O contrário ocorre quando a atividade solar é mínima (Svensmark, 2000) (Tabela 01). Ou seja, durante o máximo solar, a concentração de raios cósmicos na atmosfera terrestre é mínima, enquanto que no mínimo solar, essa concentração é máxima.

Solar and Interplanetary Features	Maunder Minimum	Giessberg Minimum (e.g., 1910)	Giessberg Maximum (e.g., 1860)
Coronal matter density	very low	low	high
Coronal magnetic field	low	higher	X2 higher
Coronal mass ejection velocity	high	medium	low
Solar proton acceleration	very efficient	efficient	less efficient
Interplanetary shock	weak	strong	strong

Tabela 01 – Relação entre campo magnético solar e injeção de partículas carregadas durante períodos de atividade solar máxima e mínima. Adaptada de Mccracken, Dreschhoff, Smart e Shea (1996).

Assim, considerando que as nuvens podem interferir no resfriamento do clima devido a sua influência no aumento do albedo do planeta e no aquecimento pelo aprisionamento da radiação emitida (Marsh e Svensmark, 2000), torna-se elementar esperarmos que, ao longo dos 11 anos do ciclo solar, seja possível observar a modulação do clima pela atividade solar. Entretanto, essa influência no clima só é facilmente observada em períodos mais longos que 11 anos (Eddie, 1977), como nos estudos discutidos anteriormente, diminuindo assim a possibilidade de se explicar variações climáticas em curto período de tempo com base nessa teoria.

Portanto, o objetivo deste trabalho se resume à tentativa de verificar a influência do ciclo solar e raios cósmicos na formação de nuvens e no índice pluviométrico no interior do estado do Rio Grande do Norte, no extremo Nordeste Brasileiro em pequena escala temporal. Uma vez concluído que o ciclo solar de 11 anos interfere na quantidade de chuvas, espera-se que a utilização dessa teoria possa prever com maior êxito anos de chuva e, principalmente, de seca que assolam essa região.

Método

Foram feitas análises de gráficos formados com informações acerca do fluxo de raios cósmicos na superfície terrestre, manchas solares e índices pluviométricos anuais de quatro cidades norte riograndenses. Os dados observados de fluxo de radiação cósmica foram retirados do endereço eletrônico mantido pela Russian Science Foundation, "Moscow Neutron Monitor" (<http://cr0.izmiran.rssi.ru/mosc/main.htm>). Os dados de manchas solares, e dos índices pluviométricos anuais são do site SpaceWeather.com (<http://spaceweather.com>). Todos são referentes ao ciclo solar 21, ocorrido durante os anos de 1977 e 1986, com máximo solar ocorrido no ano 1979 e mínimo, no ano 1985 (De Alcântara, 2015).

As cidades escolhidas representam as quatro mesorregiões do estado do Rio Grande do Norte (Figura 02). Foram elas Martins (Oeste Potiguar), Angicos (Central Potiguar), Nova Cruz (Agreste Potiguar) e Taipu (Leste Potiguar).

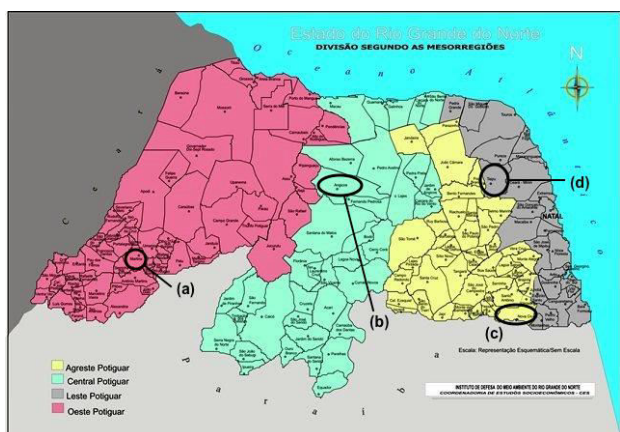


Figura 02 – Mapa das mesorregiões do Rio Grande do Norte. (a) Martins, (b) Angicos, (c) Nova Cruz e (d) Taipu.

Adaptado do Ministério de Defesa do Meio Ambiente do Rio Grande do Norte.

Resultados

O gráfico formado com os dados de manchas solares e raios cósmicos (Figura 3) mostra uma concordância com o que era esperado, uma vez que apresenta a proporcionalidade inversa entre a quantidade de manchas solares (curva tracejada) e o fluxo de raios cósmicos (curva contínua) durante o ciclo solar 21. O maior valor de manchas solares se deu no período de máximo solar, em 1979, que não está associado à menor concentração de raios cósmicos. O mínimo solar aconteceu já ao final do ciclo, no ano de 1985.

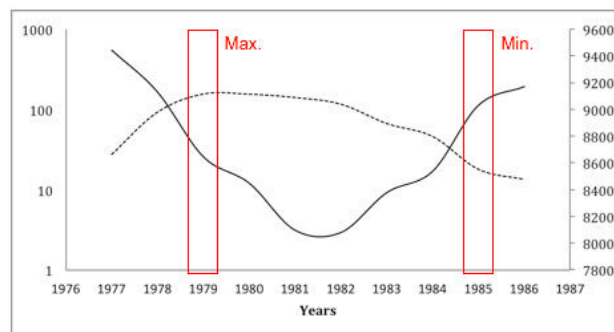


Figura 03 – Valores anuais de manchas solares (curva tracejada) e raios cósmicos (curva contínua) durante o ciclo solar 21.

Em Martins (Figura 04), o ano de máximo solar (1979) apresentou uma baixa média de chuvas em relação aos anos adjacentes. O mínimo solar, por sua vez, apresentou índice de chuvas constante em relação ao ano anterior, bem menor, porém, do que o ano seguinte, 1986. Além desses períodos, o ano de 1983 se destacou por apresentar o menor índice durante o ciclo solar 21.

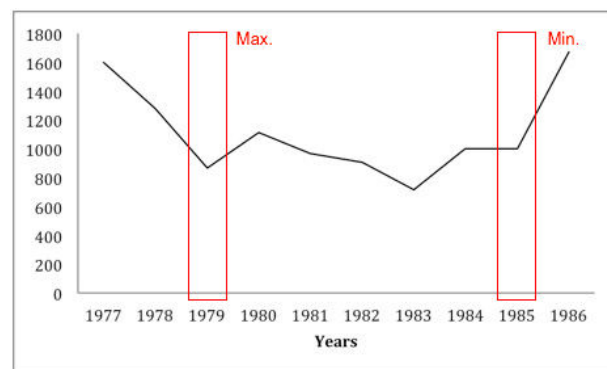


Figura 04 – Índice pluviométrico médio anual na cidade de Martins durante o ciclo solar 21.

Semelhantemente a Martins, a cidade de Angicos (Figura 05) sofreu com a escassez de chuvas no ano de máximo solar e teve em 1983 o menor índice pluviométrico do ciclo 21. Entretanto, o município registrou maiores chuvas, em 1986, o ano de mínimo solar deste ciclo iniciado em 1977.

O mesmo padrão pode ser facilmente visualizado para as cidades de Nova Cruz (Figura 06) e Taipu (Figura 07),

com pequenas discordâncias no início e no fim do ciclo solar, no período anterior ao máximo solar e no posterior ao mínimo solar.

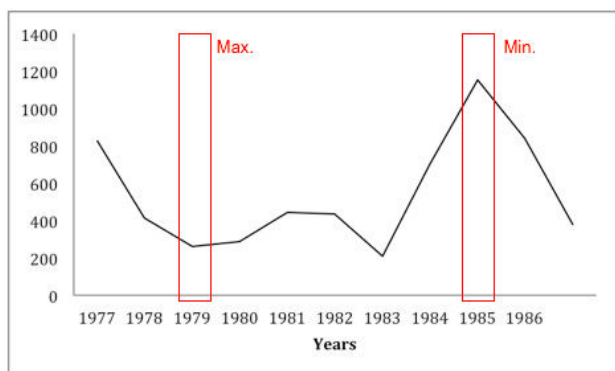


Figura 05 – Índice pluviométrico médio anual na cidade de Angicos durante o ciclo solar 21.

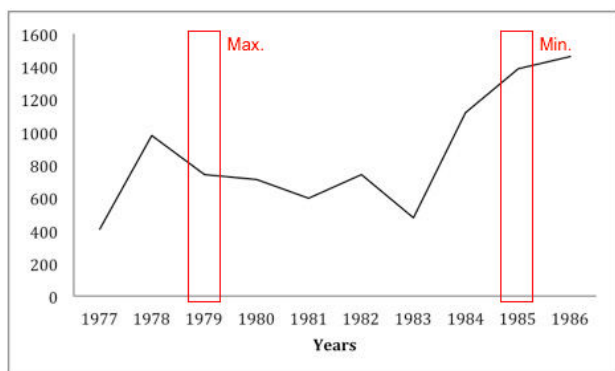


Figura 06 – Índice pluviométrico médio anual na cidade de Nova Cruz durante o ciclo solar 21.

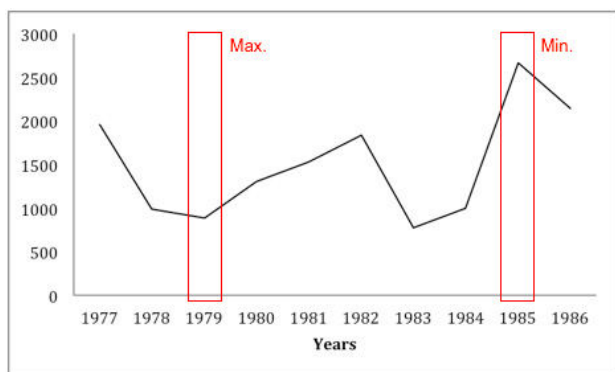


Figura 07 – Índice pluviométrico médio anual na cidade de Taipu durante o ciclo solar 21.

Conclusões

Os dados analisados para as quatro cidades escolhidas concordam que há realmente uma relação direta entre as quantidades de chuvas e a intensidade da atividade solar, e que tal relação está também associada à concentração de raios cósmicos na atmosfera, uma vez que os maiores índices pluviométricos ocorreram, em geral, em anos com maior concentração de radiação cósmica e os menores índices, em anos com menor concentração, como no ano 1983.

Outro fator que pode ser destacada da análise realizada é que a concentração de raios cósmicos parece ser cumulativa ao longo do tempo. Esperava-se que o máximo solar estivesse associado à concentração mínima de raios cósmicos, e o mínimo solar ligado à concentração máxima. Entretanto, a Figura 03 é clara ao mostrar que nos anos de atividade extrema (1979 e 1985) a radiação foi média. Além disso, o comportamento esperado para a curva de raios cósmicos ocorreu com um atraso de 1 a 4 anos (1982 e 1986). Tal atraso concorda com o observado por Erykin, Sloan, e Wolfendale (2009), que concluíram poder indicar uma correlação entre a atividade solar e a formação de núvens, sem a interferência da radiação.

Porém, mesmo sendo essa correlação direta possível, as curvas de índice pluviométrico de todas as cidades analisadas mostram o mesmo comportamento de queda em 1983, período seguinte ao ano em que foi registrada a menor quantidade de raios cósmicos e uma atividade solar aproximadamente constante. Este fato, então, nos impede de concluir que apenas a atividade solar interfere na formação de núvens e, conseqüentemente, na quantidade de chuvas.

Portanto, conclui-se que realmente existe uma influência da atividade solar e dos raios cósmicos no índice pluviométrico em curta escala temporal no estado do Rio Grande do Norte, mas que essa relação ainda não é claramente entendida por se dar de forma mais complexa do que esperado em teoria. Assim, é necessária a continuidade e expansão desse tipo de estudo para que no futuro possa-se entender melhor os mecanismos que controlam essa relação e seja possível a previsão de períodos de seca e de chuva no sertão brasileiro.

Referências

- DE ALCÂNTARA, M. L.** 2015. Um estudo sobre a influência do ciclo solar nos fatores climatológicos de Natal-RN. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- EDDY, J. A.** 1977. Climate and the changing sun. *Climatic Change*, v. 1, n. 2, 173-190p.
- ERLYKIN, A. D., SLOAN, T., & WOLFENDALE, A. W.** 2009. Solar activity and the mean global temperature. *Environmental Research Letters*, v. 4, n. 1, 014006.
- FRIIS-CHRISTENSEN, E., & LASSEN, K.** 1991. Length of the solar cycle: an indicator of solar activity closely associated with climate. *Science*, v. 254, 698-700 p.
- HAIGH, J. D.** 2003. The effects of solar variability on the Earth's climate. *Philosophical Transactions of the Royal*

Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, v. 361, 95-111p.

MCCRACKEN, K. G., DRESCHHOFF, G. A. M., SMART, D. F., & SHEA, M. A. 2001. Solar cosmic ray events for the period 1561–1994: 2. The Gleissberg periodicity. *J. Geophys. Res.*, v. 106, n. 21, 599-609 p.

NEY, E. P. 1959. Cosmic radiation and the weather. *Nature*, v.183, 451-452p.

PUDOVKIN, M. I., & VERETENENKO, S. V. 1996. Variations of the cosmic rays as one of the possible links between the solar activity and the lower atmosphere. *Advances in Space Research*, v. 17, n. 11, 161-164p.

SVENSMARK, H. 2000. Cosmic rays and Earth's climate. *Space Science Reviews*, v. 93, 175-185p.

SVENSMARK, H. 2007. Cosmoclimatology: a new theory emerges. *Astronomy & Geophysics*, v. 48, 1-18p.

SVENSMARK, H., & FRIIS-CHRISTENSEN, E. 1997. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage—a missing link in solar-climate relationships. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v. 59, n. 11, 1225-1232 p.