

Uso do geoprocessamento no estudo da variação do gelo marinho antártico: redefinindo setores

Newton de Magalhães Neto, Heitor Evangelista e Kenny Tanizaki Fonseca

LARAMG (Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais) / UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro).

E-mail: newtonmagalhaesbio@hotmail.com; heitor@wnetrj.com.br;
kenny.fonseca@gmail.com

Abstract. This study presents an analysis of the Antarctic sea ice extent variability with respect to global climate parameters (SOI, SSN, GAST, atmospheric CO₂, global and south hemispheric SST, NINO, MEI and AAO). In this case, we have re-analyzed the sea ice around Antarctica by defining 24 sectors of 15° each, extending the definition of the ESMR Antarctic Atlas, in which the sea ice is spitted into 5 sectors of 72° each. From satellite images of sea ice derived from SMMR sensor (Scanning Multichannel Microwave Radiometer) at Nimbus 7, we have constructed maximum and minimum sea ice time series for the 24 sectors. We compiled monthly images of sea ice concentration over 29 years (1979-2007). Furthermore, correlations between sea ice and global climate parameters were determined. Our results point out to differences in the sea ice variability in different regions of Antarctic, e.g., the sectors localized in the Bellingshausen-Amundsen seas and west Weddell Sea showed negative trends while the sectors localized in the Ross Sea positive trends (concerning the maximum extent). Global warming related parameters (global atmospheric surface temperature, CO₂ and global sea surface temperature) presented positive correlations with sea ice extent in west Ross Sea. ENSO related parameters (MEI, Nino3, Nino4, Nino3+4) presented negative correlations at eastern Ross Sea. Sea ice at the Antarctic Peninsula correlated negatively with the SAM (Southern annular mode) index.

Palavras-chave: remote sensing, **geoprocessing, climate changes, sea ice, Antarctica**; sensoriamento remoto, geoprocessamento, mudanças climáticas, gelo marinho, Antártica.

1. Introdução

O gelo marinho é encontrado nos remotos oceanos polares, cobrindo em média, uma área de 25 milhões de quilômetros quadrados do planeta. A sua extensão é modulada pelas variações sazonais, que atuam direta e indiretamente sobre a climatologia global e o padrão de correntes marinhas. Durante o processo de congelamento da água do mar e formação do gelo marinho, grandes quantidades de sal marinho são rejeitadas, o que aumenta a densidade das águas abaixo do gelo. A água fria e densa afunda e se move em direção ao equador, enquanto as águas quentes se movem do equador para os pólos. Mudanças na quantidade de gelo marinho podem levar a mudanças nos padrões das correntes oceânicas. A extensão da cobertura de gelo marinho reduz as trocas de calor e umidade entre o oceano e a atmosfera, aumentando o albedo dessas regiões, fazendo com que as temperaturas nos pólos se mantenham frias. Desta forma o gelo marinho regula as mudanças de temperatura, umidade e salinidade nos oceanos polares, sendo parte integral do sistema ambiental global e um dos principais controladores da circulação oceânica e atmosférica globais. Isto faz com que, possivelmente, essas regiões sejam as áreas que modulem ou tamponem as mudanças climáticas do planeta.

A extensão de gelo marinho em torno do continente Antártico varia entre 17 a 20 milhões de quilômetros quadrados no inverno e entre 3 a 4 milhões de quilômetros quadrados no fim do verão. Convencionou-se dividir o oceano em torno da Antártica nos seguintes setores: “Weddell sea sector”, “Indian Ocean sector”, “Pacific Ocean sector”, “Ross sea sector” e “Bellingshausen-Amundsen seas sector”, Os dados disponíveis relativos ao gelo marinho (entre 1979 e 2007) estão atrelados sobre esta definição, em quadrantes de $\sim 70^\circ$. Se por um lado, desta subdivisão obedece a um critério geográfico bem definido, por outro lado (considerando-se suas grandes dimensões) gera uma maior incerteza quando correlacionada com parâmetro biogeoquímicos e glacioquímicos do ambiente polar. O estudo do gelo marinho é muitas vezes realizado através do uso de navios, submarinhos e bóias oceânicas, contudo, estes métodos nos permitem apenas coletar informações de regiões limitadas, e em diferentes escalas de tempo restritas. Através do uso de sensoriamento remoto, é possível monitorar e coletar informações sobre o gelo marinho ao redor de todo continente antártico em alta resolução temporal.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi analisar a resposta do gelo marinho Antártico aos principais forçantes climáticos de impacto global, considerando-se uma subdivisão do gelo marinho em setores de 15° (figura1), ao contrário de trabalhos anteriores que subdividem a Antártica em 5 setores. A partir de compilação de imagens de gelo marinho, fornecidas pelo National Snow and Ice Data Center (http://nsidc.org/data/seaice_index/), foi criado um banco de dados de séries temporais de extensão de gelo marinho máximo para cada setor entre 1979 e 2007. Os resultados permitiram avaliar diferenças na variabilidade de gelo marinho entre os setores estudados, tornando possíveis correlações com parâmetros climáticos tais como o SSN (“Sun Spot Number”), SST (“Sea Surface Temperature”), SOI (“Southern Oscillation Index”), NINO3, NINO3.4, NINO4, MEI (“Multivariate ENSO Index”), Irradiância, Temperatura Global da Atmosfera e AAO (“Antarctic Oscillation”).

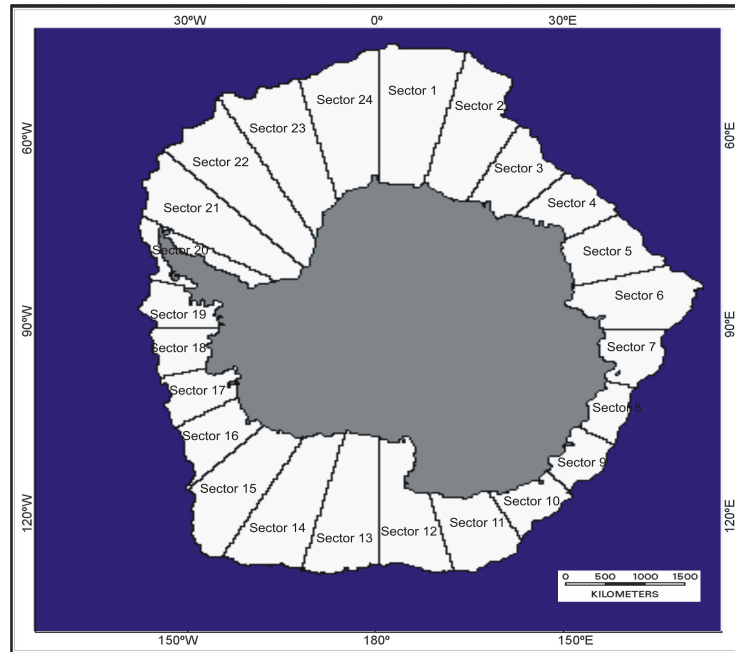


Figura 1. Subdivisão de setores de gelo marinho antártico definido neste trabalho.

3. Matérias e Métodos

O método de trabalho foi baseado na compilação de imagens mensais de concentração de gelo marinho ao redor do continente antártico, obtidas pelos sensores SMMR (Scanning Multichannel Microwave Radiometer) e SSM/I (Special Sensor Microwave/Imager) instalados nos satélites Nimbus-7 e DMSP, respectivamente. Estas imagens são disponibilizadas pelo NSIDC (National Snow and Ice Data Center). Os dados, na forma de série temporal com resolução mensal, para extensão de gelo marinho em cada setor foram obtidos através do processamento digital das imagens em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) através do programa IDRISI32 como mostrado na figura 2. Após a obtenção da série temporal de gelo marinho, esta foi correlacionada com os parâmetros climáticos estabelecidos acima, usando banco de dados já existentes. Foram criados mapas representativos das correlações entre a variabilidade de gelo marinho e cada parâmetro climático.

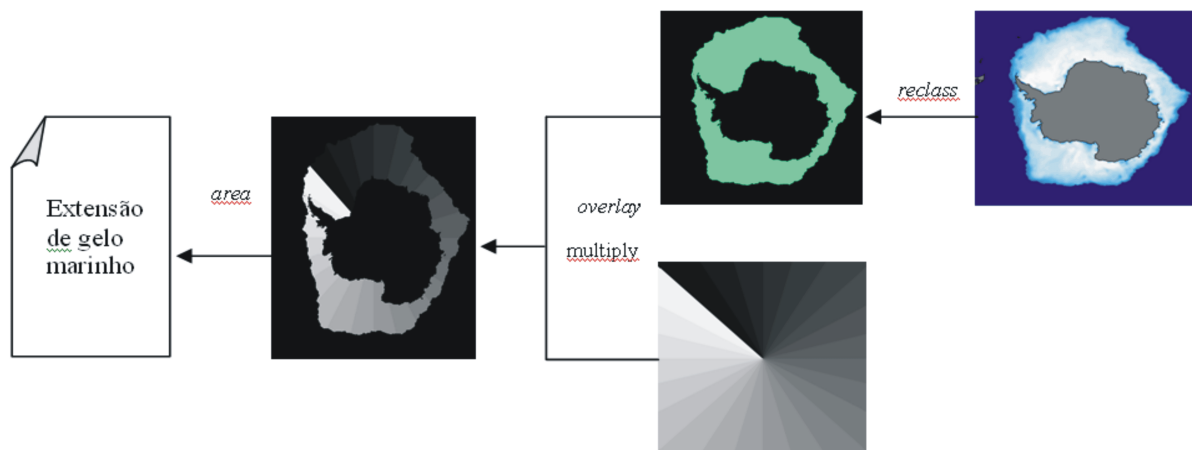


Figura 2. Processamento das imagens para obtenção das séries temporais de gelo marinho.

4. Resultados e discussão

Os resultados mostraram que tendências positivas e negativas de extensão máxima de gelo marinho ocorrem em diferentes regiões antárticas. As figuras 3 e 4 ilustram este processo. Tendência negativa foi encontrada na Península Antártica, região onde ocorre um rápido aquecimento da temperatura do ar durante o inverno (um aumento de $\sim 6^{\circ}\text{C}$ durante o inverno) (king,1994;king and comiso,2003;vaughan et al,2003). Uma compilação da variabilidade do gelo marinho entre 1979 e 2007 é apresentada na figura 5. Quanto às correlações com os parâmetros climáticos de impacto global: SSN, SST, SOI, NINO3, NINO3.4, MEI e Temperatura Global da Atmosfera. Parâmetros climáticos relacionados com o aquecimento global, SST, concentração de CO_2 na atmosfera, e temperatura atmosférica, foram observadas correlações positivas, estatisticamente significativas para $r > 0,4$, com a extensão Máxima de gelo nos setores localizados no mar de Ross, (figura 6). Parâmetros relacionados com o aumento da temperatura do oceano pacífico e eventos de EL NIÑO apresentaram correlações negativas significativas com a extensão Máxima de gelo nos setores localizados entre o mar de Ross e Amundsen (figura 7), estes parâmetros também atuam de forma significativa mas positivamente sobre a Península Antártica. A atmosfera na península Antártica responde a variabilidade do ENSO e da SAM, aumentando a força dos ventos meridionais durante o período da primavera ao outono, o que parece contribuir com um tardio avanço do gelo marinho e o recuo mais cedo deste, podendo levar a diminuição da sazonalidade da extensão de gelo marinho (Stammerjohn et al. 2008). Positivas fases da SAM resultam em maior concentração de gelo marinho na região Ross/Amundsen e menor concentração na região bellingshausen/weddel (Liu,J et al.2004). Encontramos neste trabalho correlação negativa entre a extensão Máxima de gelo marinho e os parâmetros SAM e SOI na Península antártica, setor 20, e correlação positiva entre extensão de gelo marinho e os parâmetros SAM e SOI na região Ross/Amundsen nos setores 15 e 16 (figura 6 e 7). A figura 8 representa a correlação entre SAM e a extensão de gelo marinho em cada setor estudado.

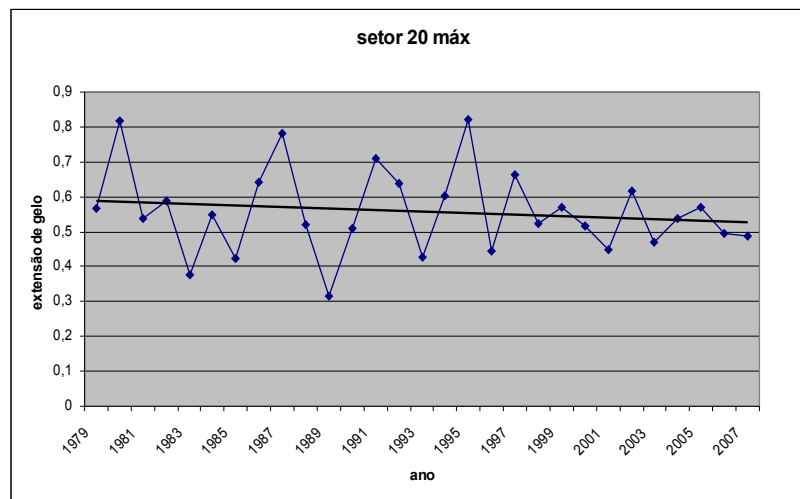


Figura 3. Variabilidade de gelo marinho no setor 20.

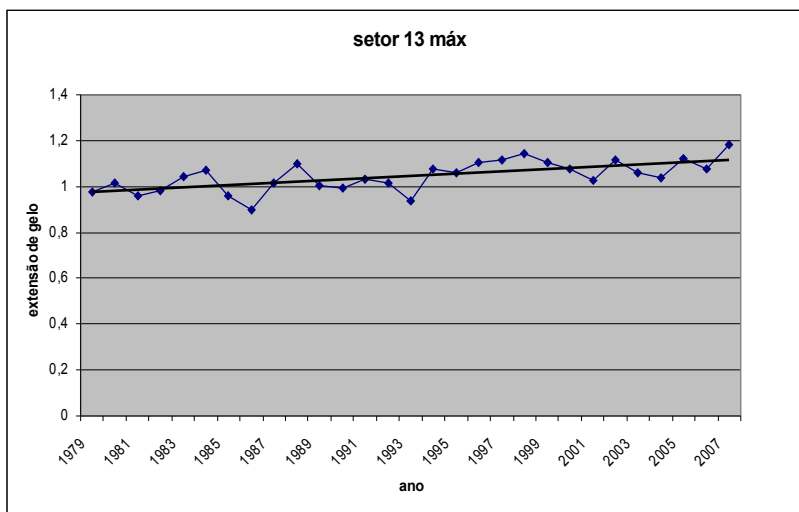


Figura 4. Variabilidade de gelo marinho no setor 13.

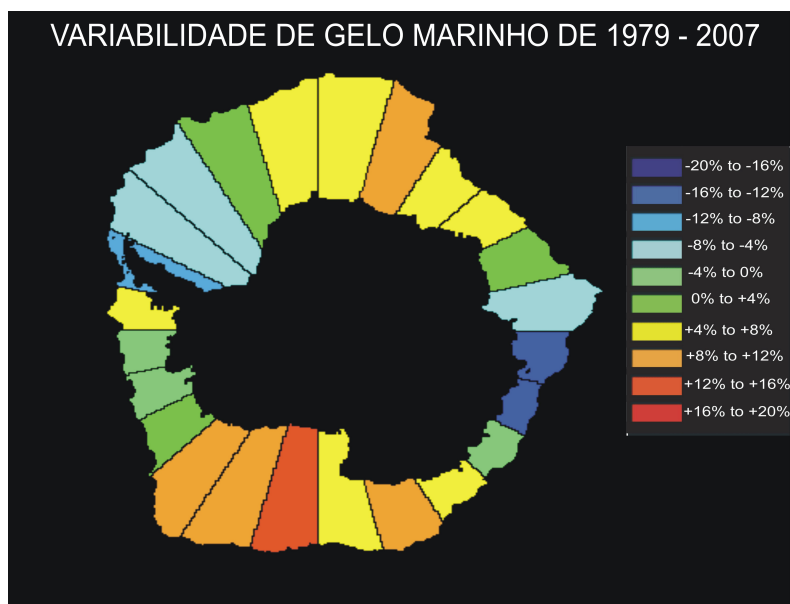


Figura 5: Variabilidade de gelo Marinho máximo no período 1979-2007

CORRELAÇÕES POSITIVAS: r DE PEARSON $> 0,4$

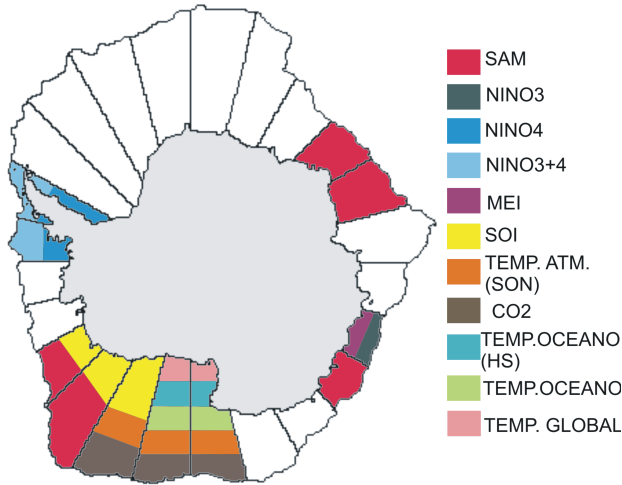


Figura 6. Setores e parâmetros Climáticos que apresentaram correlações positivas ($r > 0,4$) com extensão máxima de gelo marinho.

CORRELAÇÕES NEGATIVAS: r DE PEARSON $< -0,4$

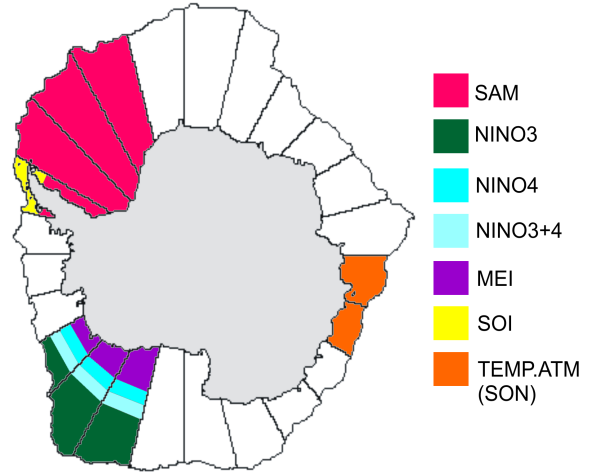


Figura 7. Setores e Parâmetros Climáticos que apresentaram correlações negativas ($r < -0,4$) com extensão máxima de gelo marinho.

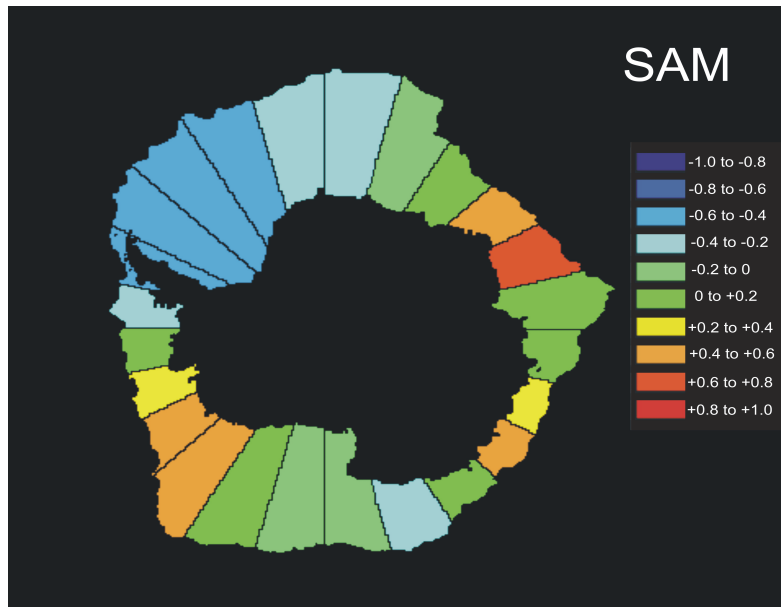


Figura 8. Representação dos coeficientes de correlação encontrados entre a extensão de gelo marinho e a Oscilação Antártica ou southern annular mode (SAM) em cada setor.

5. Referências

Sharon E. Stammerjohn, Douglas G. Martinson, Raymond C. Smith and Richard A. Iannuzzi. Sea ice in the western Antarctic Peninsula region: Spatio-temporal variability from ecological and climate change perspectives. *Deep Sea Research part2*. v.55, n.18-19. p.2041-2058. 2008.

Jiping Liu, Judith A. Curry, and Douglas G. Martinson. Interpretation of recent Antarctic sea ice variability. *Geophysical Research letters*, Vol.31, L02205, doi: 10.1029/2003GL018732, 2004.

King, J.C., 1994. Recent climate variability in the vicinity of the Antarctic Peninsula. *International Journal of Climatology* 14 (4), 357–369.

King, J.C., Comiso, J.C., 2003. The spatial coherence of interannual temperature variations in the Antarctic Peninsula. *Geophysical Research Letters* 30 (2) [doi:10.1029/2002GL015580].

Vaughan, D.G., Marshall, G.J., Connolley, W.M., Parkinson, C., Mulvaney, R., Hodgson, D.A., King, J.C., Pudsey, C.J., Turner, J., 2003. Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula. *Climatic Change* 60, 243–274.

King, J.C., Comiso, J.C., 2003. The spatial coherence of interannual temperature variations in the Antarctic Peninsula. *Geophysical Research Letters* 30 (2) doi:10.1029/2002GL015580.

All About sea Ice, “Introduction”
<http://nsidc.org/seoice/intro.html>
Acesso em: 11.nov.2008

Advanced Water System. “ sea water”
http://www.cleanwaterstore.com/technical/water-sources/body_sea_water.html
Acesso em: 11.nov.2008

Agradecimento: CNPq-Proantar